

Hacia un Territorio Sostenible:

Explorando la Interacción Humano- Naturaleza en México



Coordinadores
Adalberto Galindo Alcántara
Silvia del Carmen Ruiz Acosta
Miguel Ángel Palomeque de la Cruz

Hacia un territorio sostenible:
Explorando la interacción humano-naturaleza
en México

C O L E C C I Ó N

J O S É N . R O V I R O S A

Biodiversidad, desarrollo sustentable y trópico húmedo

Guillermo Narváez Osorio
Rector

Arturo Garrido Mora
*Director de la División
Académica de Ciencias Biológicas*

Hacia un territorio sostenible:
Explorando la interacción humano-naturaleza
en México

Coordinadores

Adalberto Galindo Alcántara

Silvia del Carmen Ruiz Acosta

Miguel Ángel Palomeque de la Cruz



UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

Primera edición, 2024

© Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

www.ujat.mx

ISBN: 978-607-606-679-9

Para su publicación esta obra ha sido dictaminada por el sistema académico de pares ciegos. Los juicios expresados son responsabilidad del autor o autores y fue aprobada para su publicación.

Queda prohibida la reproducción parcial o total del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor.

Diseño de portada: Jazmín Zapata de la Cruz

Maquetación: Índigo Estudio Creativo

Corrección: Índigo Estudio Creativo

Hecho en Villahermosa, Tabasco, México

Presentación

Hacia un Territorio Sostenible: Explorando la Interacción Humano-Naturaleza en México es un libro que nos proporciona un fascinante viaje sobre la compleja interacción entre la humanidad y la naturaleza en el contexto mexicano.

El libro no es un esfuerzo individual; es el resultado de la colaboración y dedicación de instituciones nacionales como La Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, el Tecnológico Nacional de México, Campus Zona Olmeca, y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Su compromiso institucional ha permitido que las visiones converjan y se transformen en conocimiento valioso para la sociedad.

En las páginas de este libro convergen los esfuerzos del Cuerpo Académico de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, el Cuerpo Académico de Procesos Territoriales, y el Cuerpo Académico de Ordenamiento Ecológico y Análisis Socioambiental. Estos equipos multidisciplinarios han unido fuerzas para ofrecer una perspectiva integral y enriquecedora como parte de la Red “Visión Compleja de los Territorios y la Sociedad”. A través de esta colaboración interinstitucional, hemos tejido una red de conocimiento que enlaza diversas disciplinas, perspectivas y experiencias. Nos sumergimos juntos en la comprensión profunda de los desafíos y oportunidades que enfrenta nuestro territorio.

En este libro, no solo exploramos el territorio físico, sino también los vínculos intrincados entre las comunidades humanas y el entorno que habitan. Es un llamado a la reflexión, a la acción conjunta, y a la construcción de un futuro más sostenible. ¡Bienvenidos a la lectura de “Hacia un Territorio Sostenible”

Prefacio

En el amanecer de este nuevo milenio, la interacción entre la humanidad y la naturaleza se ha vuelto más crítica que nunca. “*Hacia un Territorio Sostenible*” nace de la necesidad de reflexionar sobre nuestro impacto en el medio ambiente y encontrar caminos hacia una coexistencia más equilibrada.

A través de una compilación de estudios multidisciplinarios, “*Hacia un Territorio Sostenible*” aborda una serie de desafíos contemporáneos que enfrenta México en su búsqueda por equilibrar el desarrollo humano con la conservación del medio ambiente. Cada autor que ha contribuido a este compendio aporta una perspectiva única, sumando capas de conocimiento a nuestra comprensión colectiva.

Desde los riesgos en los asentamientos humanos irregulares hasta la resignificación del paisaje, estos escritos invitan a la reflexión y la acción. Este libro no solo busca informar, sino también inspirar. En sus páginas, esperamos que encuentres motivación para abrazar prácticas más sostenibles, promover la resiliencia comunitaria y contribuir a la preservación del entorno que compartimos. “*Hacia un Territorio Sostenible*” es un llamado a la acción, una invitación a construir juntos un futuro más sostenible para las generaciones venideras. Que este viaje de conocimiento sea el comienzo de un camino hacia la sostenibilidad.

Prólogo

El hábitat del hombre ha estado condicionado a la evolución del planeta de forma natural desde la invención de la agricultura permitió que el hombre pasara de nómada a sedentario como resultado los primeros asentamientos humanos rurales y los intercambios de productos por el excedente dando origen a las ciudades comerciales. La llegada de la máquina de vapor conduce a la acción revolucionara industrial y con ello la aceleración de la industrialización, la reacción ha sido desastroso con la alta emisión de CO₂ al medio ambiente, teniendo como resultado el fenómeno del cambio climático, manifestándose en la naturaleza con impactos negativos como el aumento de las temperaturas en la tierra y los océanos.

México es uno de los países más vulnerables del mundo ante el cambio climático debido en buena parte a sus características geográficas como sus más de 15.000 kilómetros de costa, pero también aporta su granito de arena al calentamiento global: es uno de los 15 mayores emisores de gases de efecto invernadero con el 1,47% del total mundial. Punto de partida para estudiar el territorio mexicano, de ahí la preocupación de las ciencias geográficas de buscar soluciones hacia un territorio sostenible que mitigue los impactos negativos que está ocasionando el cambio climático observados en lo que va de este siglo.

La presente publicación, *hacia un territorio sostenible: Explorando la interacción humano – naturaleza en México*, compila un conjunto de trabajos teóricos y reflexivos, así como resultados de investigaciones; todos ellos relacionados con las situaciones problemáticas expresadas y en estrecha relación hacia un territorio sostenible.

En los distintos aportes, se presentan realidades y experiencias en el centro de la república y del sureste mexicano, destacando como eje transversal y coincidente el énfasis en la ocupación del territorio en zonas no aptas para los asentamientos humanos, sus repercusiones con el crecimiento de las ciudades y el cambio climático. Sobresalen el estudio de derechos de vías para las infraestructuras urbanas, la ocupación de estas se da de manera irregular poniendo en riesgo la vida de los asentamientos humanos como caso de estudio el Río de los Remedios y/o Autopista Naucalpan-Ecatepec, en la Alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México; para lo cual se analizó la lotificación colindante con esta zona con el fin de identificar los predios que se encuentran invadiendo los derechos de vía, y cuales se encuentran en riesgo.

La interacción entre los componentes hidrológicos de los ecosistemas y el dinamismo de las áreas de inundación en el tiempo aportan información sobre el funcionamiento de los ecosistemas lénticos para la conservación de bienes y servicios ecosistémicos. La diversidad de modelos de transferencia de radiación dirigidos a precisar y analizar los cambios en las superficies acuáticas muestra que, investigar el comportamiento de los cuerpos lagunares es complejo; especialmente, las variables hidrológicas como la precipitación y la temperatura poseen reflectancias muy parecidas a las superficies acuáticas que dificultan desde la delimitación de los cuerpos lagunares hasta la generación de fuentes de datos históricos hidrológicos con estas variables. Bajo este contexto, este trabajo estimo los escenarios de inundación probable en las lagunas de Vigía y Tasajera ubicadas en la cuenca baja del Río Grijalva (CBRG) en Tabasco.

Los patrones atmosféricos como la temperatura, las concentraciones de gas y la precipitación son datos que recopilan los meteorólogos para comprender los patrones históricos para compararlos con los actuales y predecir eventos climáticos futuros. En esta publicación se muestra el resultado del análisis del comportamiento de las tendencias de temperatura máxima y mínima, de la precipitación y de al menos quince índices climáticos (dependientes de estas variables) en diez localidades que se urbanizaron durante el periodo 1992 a 2010 en la cuenca del Valle de México. El análisis del ciclo anual y de los mapas muestra que la temperatura se incrementa para todos los meses y todas las estaciones analizadas, en algunos casos hasta valores mayores a 1°C. El estudio respalda la idea de que el comportamiento observado se debe más al calentamiento global que a los efectos locales de urbanización.

Otro trabajo que resalta es la estimación de la evapotranspiración (ET), clave en el sector agrícola en la programación óptima de riego en términos de cantidad y frecuencia. En el sector agrícola conocer las tasas de evapotranspiración permite mejorar la eficiencia del uso y manejo del agua, aumentar el rendimiento de cultivos y, por tanto, reducir el consumo de energía. Reflexiones importantes para actualizar el marco normativo sobre la ocupación de territorio, aprovechar el suelo urbano hacia la re-densificación de los centros urbanos con la finalidad de mitigar el impacto del medio ambiente y de la expansión urbana hacia suelos agrícolas y de protección ambiental.

Por último, análisis social – económico de los asentamientos humanos. El mejoramiento de la cohesión social de las comunidades rurales del barrio de tres cruces en el municipio de Acatlán de Osorio, en el estado de Puebla. La migración de mexicanos hacia los Estados Unidos de

Norteamérica en la búsqueda de tener un empleo bien remunerado ha tenido como rebote económico conocido como remesas a las familias que se quedan al cuidado de los hijos y de trabajar sus tierras agrícolas, este fondo ha sido favorable a las familias para resolver sus necesidades materiales principalmente, mejoramiento de la vivienda, pago de servicios básicos y deudas, seguido de fortalecer los lazos familiares. Segundo; el análisis territorial desde la epistemología feminista decolonial, el punto central de la investigación nos ilustra cómo se materializan las desigualdades de género en dos asentamientos informales en la periferia norte del municipio de Puebla, propone romper con el paradigma occidental y adoptar una epistemología feminista para generar conocimiento.

Esta publicación en sí, con los análisis que se presenta en algunos temas que inciden en el territorio mexicano es una aportación para fomentar búsquedas con las diferentes disciplinas con la participación de las universidades y los tres niveles de gobierno, que sumen esfuerzos para aportar soluciones sustentables para los asentamientos humanos y su hábitat sin olvidar la implementación de la Agenda 2030 y los ODS.

Dr. Luis Manuel Pérez Sánchez

Contenido

Riesgo y vulnerabilidad de los asentamientos humanos irregulares en los derechos de vía

Valentín Pérez Cruz y Blanca Margarita Gallegos Navarret..... 1

Probabilidad de inundación en los humedales Vigía y Tasajera

Tania Gudelia Núñez Magaña, Adalberto Galindo Alcántara, Carlos Alberto Mastachi Loza, Silvia del Carmen Ruiz Acosta y Miguel Ángel Palomeque de la Cruz..... 23

Tendencias climáticas estacionales de sitios urbanizados de 1992-2010 en el Valle de México

Martín José Montero Martínez y Mercedes Andrade Velázquez..... 39

Evapotranspiración en zonas agrícolas: enfoques y desafíos

Rocio Becerril Piña, Andy Mejía Olivares, Carlos Díaz Delgado y Carlos Alberto Mastachi Loza..... 78

Crecimiento urbano y pérdida de recursos naturales en ciudades del Sureste de México

Lupita Herminia Triana Acevedo, Miguel Ángel Palomeque de la Cruz, Silvia del C. Ruiz Acosta, Tania Gudelia Núñez Magaña y Adalberto Galindo Alcántara 112

Resignificación del paisaje y patrimonio: el caso del río Pitillal en Puerto Vallarta, Jalisco

Reyes González Alberto, Reyes González Andrés Enrique, Odetti Jimena Vanina y Valdez Olmos Fernando Daniel 138

Afectaciones a la naturaleza y a la salud por el uso de plaguicidas en San Juan Tetla y San Agustín Atzompa, Chiautzingo, Puebla, México

Misael García Hernández, Mónica E. Olvera Nava, Varinia López Vargas y Virginia Cabrera Becerra..... 176

Remesas y cohesión social en el barrio de Tres Cruces

Gonzalo Haro Álvarez, Hídalía García Ríos y

Marco Antonio Ramírez Sánchez..... 196

Análisis territorial desde la epistemología feminista decolonial en el contexto mexicano

Mtra. Gabriela Montes Neri, Dra. Virginia Cabrera Becerra,

Dra. Lilia Varinia Catalina López Vargas y Dra. Mónica Erika

Olvera Nava 217

El río de mangueras y los discursos convenientes de la memoria en la sobreextracción del agua. Tetela del Volcán, Morelos.

Diana Laura Yáñez Reyes..... 247

Disputas por el paisaje socioterritorial de San José Chiapa, Puebla

Jezabel Luján Pinelo, Lilia Varinia Catalina López Vargas, Virginia

Cabrera Becerra y Mónica E. Olvera Nava..... 270

Riesgo y vulnerabilidad de los asentamientos humanos irregulares en los derechos de vía

*Valentín Pérez Cruz**

Blanca Margarita Gallegos Navarrete¹

Resumen

Los derechos de vía refieren a las superficies que se destinan al resguardo y protección de áreas naturales en la que se pretende evitar un siniestro, o bien, para las obras de infraestructura que son construidas para beneficiar al desarrollo económico del país. Algunas veces, estas áreas son afectadas por asentamientos humanos irregulares que se establecen en la urbe de la Ciudad de México, teniendo un riesgo constante y causando vulnerabilidad al habitar en dichas zonas.

Con la migración a la zona urbana y el movimiento de desarrollo en las periferias de la Ciudad de México, han creado nuevos asentamientos poblacionales que modifican y transforman de manera espacial a la estructura urbana y ordenamiento territorial; razón por la cual es trascendental estudiar y analizar las problemáticas que pueden exponer a la población a una vulnerabilidad, al no tener el conocimiento del objetivo y función de los derechos de vía.

Se tiene por objetivo mostrar los posibles impactos que ocasiona la ocupación de asentamientos humanos en zonas federales y/o de protección, tomando como caso de estudio el Río de los Remedios y/o Autopista Naucalpan-Ecatepec, en la Alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México; para lo cual se analizó la lotificación colindante con esta zona con el fin de identificar los predios que se encuentran invadiendo los derechos de vía, y cuales se encuentran en riesgo.

Palabras clave: riesgo, vulnerabilidad, derecho de vía

1 Instituto Politécnico Nacional.

* Autor de correspondencia ingvpc@gmail.com

Introducción

El crecimiento de la ciudad, principalmente durante el último tercio del siglo XX fue muy rápido y de manera extensiva, principalmente por los movimientos migratorios provenientes de las zonas rurales, donde la gente buscaba un mejor nivel de vida y la oportunidad de trabajo mejor remunerado. Estas personas que abandonaron todo, al llegar a la ciudad buscaron la seguridad de una vivienda en zonas de baja plusvalía, en la periferia y que normalmente fueron ofertadas de manera irregular. Por otra parte, ante la incapacidad de la administración pública para vigilar los derechos de vía, -ya fueran de vialidades, infraestructura, cuerpos de agua o barrancas-, fueron invadidos por aquellos que no podían acceder a una vivienda regular. Pero no solo fueron migrantes quienes invadieron, por necesidad o ignorancia estos derechos de vía, también se dieron casos en que la falta de un señalamiento claro en los planos oficiales y la falta de certidumbre jurídica, dieron pauta a que empresas también los invadieran.

Esto ha llevado a alterar la estructura urbana y el ordenamiento del territorio. Por otra parte, es importante resaltar que los derechos de vía son las franjas de terreno que se establecen para la protección de las vías generales de comunicación, cuerpos de agua, barrancas, e infraestructura como las torres de alta tensión o los ductos de hidrocarburos. Pero esta protección no solo es para los elementos mencionados, sino principalmente para la población por el riesgo que les representan.

El presente artículo forma parte de los resultados de una investigación más amplia y tiene como objetivo mostrar la problemática de la invasión de los derechos de vía y los posibles impactos en la construcción del riesgo para las personas que ahí habitan. También muestra como el problema inicia desde la falta de una representación gráfica adecuada y su divulgación como mecanismo para evitar dichas invasiones.

El análisis parte de lo general a lo particular, tomando como caso específico de estudio el Río de los Remedios y/o Autopista Naucalpan-Ecatepec, en la Alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México; donde se identificaron los predios que se encuentran invadiendo los derechos de vía y que se encuentran en riesgo.

Para este estudio se utilizaron métodos de análisis basados en la cartografía existente en la actual Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Ciudad de México, así como los sistemas de información geográfica y la verificación en campo. También se recurrió al Instituto de Transparencia y Acceso a la Información Pública para obtener la información

requerida a las diferentes instancias gubernamentales responsables de los diferentes derechos de vía. Las entrevistas en campo fueron limitadas, dado que los vecinos asentados en esta zona tienen como común denominador, el temor a ser desalojados, aún cuando algunos lograron la regularización de su situación.

Crecimiento de la ciudad y los derechos de vía

La ciudad de México tiene sus raíces en lo que fue la gran Tenochtitlán cuya fundación se realiza en un islote a partir de una señal que recibe un grupo nahuatlaca mexicana, el cual había peregrinado desde un lugar al que llamaban Aztlán. La estructura gentilicia de este grupo se manifiesta en la estructura misma de la ciudad fundada ya que a partir del centro ceremonial parten cuatro calzadas hacia los cuatro puntos cardinales, lo que dividió a la nueva ciudad en cuatro calpullis o barrios: Atzacualco, Teopan, Moyotla y Cuicuilco. Se podría decir que, en esta primera traza, con la calzada de Tlacopan (México-Tacuba), la calzada al Tepeyacac (de los Misterios) y la calzada a Iztapalapa (San Antonio Abad) surge el trazo que dará forma y estructura a la ciudad, (Segura, 2022).

Dado que su crecimiento se efectúa a base de chinampas, se considera que tuvo una traza ortogonal y la principal forma de movilidad, además de las calzadas principales, fueron los canales. Siendo un ambiente lacustre, la Gran Tenochtitlán era susceptible de inundaciones, la primera de ellas en 1446 y posteriormente la de 1449, de ahí que el rey de Texcoco a petición del rey mexicana construyó un dique o albardón conocido como el albardón de Netzahualcóyotl, cuya función, además de evitar el desbordamiento del lago de Texcoco, era dividir las aguas salobres de las aguas dulces (González Obregón en Gallegos, 2020). Este albardón fue destruido durante el sitio que desembocaría en la caída de esta gran civilización.

Con la caída de Tenochtitlan y consumada la conquista inicia el proceso de construcción de la ciudad española cuyo trazo se atribuye a Alonso García Bravo, quien utilizó una disposición reticular, pero conservando las calzadas principales y ubicando la plaza principal en lo que fuera una parte (aproximadamente una cuarta parte) del recinto ceremonial prehispánico del Templo Mayor. Los cuatro barrios indígenas fueron desplazados a la periferia, más allá de los límites establecidos para la ciudad española, limitada por canales que corresponden actualmente con las calles de Eje Lázaro Cárdenas (antes San Juan de Letrán) al poniente, Roldán al oriente, Perú al norte, y José María Izazaga al sur.

Establecida la ciudad española, en 1555, ocurrió una nueva inundación, lo que llevó a los colonizadores a construir un nuevo dique (aunque más reducido que el de Netzahualcóyotl) el cual se denominó albarradón de San Lázaro y que en realidad fue poco eficiente. En esta época se presenta por primera vez la idea de Francisco Gudiel para drenar el agua fuera de la cuenca, hacia el norte para evitar las inundaciones, pero no se llevó a cabo. En 1604 y 1607 la ciudad sufrió otras dos inundaciones, por lo que las autoridades decidieron aprobar el proyecto de Enrico Martínez para desaguar la cuenca por medio del túnel de Nochistongo que conectó la Laguna de San Cristóbal con el Río Tula. En 1629 cuando el túnel aún no estaba revestido, cayó el aguacero de “San Mateo” destruyéndolo. Esta fue la peor inundación de la que se tiene memoria; el agua subió dos metros y permaneció estancada hasta 1633. Fue por ello por lo que, en 1630 se inició una nueva obra de desagüe en Nochistongo, sustituyendo la idea de túnel, por un tajo a cielo abierto, obra que duró 50 años (Gallegos, 2020).

Durante tres siglos, la ciudad de México prácticamente se conservó sin expandirse, pero el deterioro de la cuenca fue en aumento, las acciones para sacar el agua por la necesidad de evitar inundaciones, así como la costumbre de ganar terrenos a través de rellenos desplazaron y redujeron los cuerpos de agua.

El siglo XIX fue una época de cambios importantes, los hechos históricos más relevantes detonan transformaciones en la ciudad de México. Con el triunfo de la Independencia, en noviembre de 1824 el congreso expidió el decreto para la creación del Distrito Federal designando en principio un área circular que abarcó inicialmente dos leguas de radio a partir de la plaza mayor. Aún con su nuevo carácter administrativo, la ciudad continuó con un lento crecimiento. No obstante, en 1834 se da un Bando Municipal mediante el cual se acepta vender terrenos para cubrir los gastos del Ayuntamiento. Los nuevos propietarios de los predios proceden a su explotación especulativa de manera aislada y sin directriz del gobierno, rompiendo con la traza urbana colonial. Otro hecho histórico importante es la llegada al poder de Benito Juárez quien como presidente interino promulga la Ley de Nacionalización de los Bienes Eclesiásticos. Este hecho, elimina lo que hasta ese momento había sido una limitante importante para el crecimiento de la ciudad. Lo que fueron grandes potreros y predios del dominio eclesiástico se fraccionaron para formar parte de la ciudad.

Con la llegada de Maximiliano de Habsburgo y su ascensión al trono de México en 1864 se transforma nuevamente la capital del país. La in-

tención del nuevo gobernante fue convertir la ciudad colonial en una sede política que emulara las ciudades europeas; demoler los viejos edificios y construir grandes plazuelas; abrir cinco ejes o bulevares con glorietas y trazos diagonales que romperían el trazo virreinal. De estos planes, el que se llevó a cabo fue la Calzada del Emperador (hoy Paseo de la Reforma), para unir su residencia en el Castillo de Chapultepec, con el centro político y administrativo de la ciudad de México. Esta calzada que en principio tenía una sola glorieta, detonó el crecimiento hacia el sur Poniente principalmente por familias acomodadas (Gallegos, 2020).

Durante el gobierno de Porfirio Díaz a finales del siglo XIX y principios del XX hay un auge económico y un período de estabilización política, lo que permite al gobierno en turno emprender acciones de modernización. En esta época se amplía la red ferroviaria que sería un elemento clave para la posterior industrialización y que contribuyó en la nueva estructura urbana. La población se incrementó y surgió la especulación del suelo; las haciendas, ranchos, molinos y potreros que rodeaban la ciudad se fueron fraccionando para destinarse a vivienda principalmente residencial. En esta época, el Paseo de la Reforma fue ensanchado, se incrementó el número de jardines, así como de establecimientos comerciales como cafés, restaurantes y tiendas de ropa. Chapultepec se transformó en un paseo al estilo inglés, principalmente para las clases adineradas.

En 1910, inició la Revolución Mexicana que marcó un nuevo período en la historia de México. Durante este período el entonces Distrito Federal fue ocupado por diferentes fracciones o grupos armados: maderistas, zapatistas, villistas y por último carrancistas, los que serían sustituidos por el llamado Grupo Sonora que posteriormente sería el Partido Revolucionario Institucional el cual dominó el gobierno de México desde 1929 hasta el año 2000.

Una vez concluida la Revolución, llegó una nueva época de estabilidad política, las ciudades más grandes del país se vuelven asiento de la industria, lo que atrae población, tanto por buscar un mejor nivel de vida, como por huir de los brotes de violencia que aún se daban. Para la década de los cuarenta el ritmo de crecimiento de la ciudad de México se incrementó e inició un acelerado proceso de urbanización al sur, surponiente y poniente, lugares preferidos para las clases adineradas. En esta década surgen colonias como Polanco, considerada hoy en día una de las zonas con más alta plusvalía de la ciudad. Por el contrario, en zonas al oriente y norte de la ciudad, se forman asentamientos en muchas ocasiones irregulares (Ruiz-Gómez, 2006) y en zonas de riesgo como cauces de río, barrancas o laderas de pendientes pronunciadas. La población de menores recursos

cuyos ingresos eran insuficientes, aún para acceder al mercado inmobiliario irregular, buscó resolver su problema de vivienda, invadiendo zonas federales como son los derechos de vía de las vías de comunicación, de la infraestructura como las torres de energía eléctrica o ductos de hidrocarburos (Gallegos, 2017).

Para la segunda mitad del siglo XX, la ciudad había crecido de tal manera que absorbió los pueblos cercanos como Tacuba, Tacubaya, Iztapalapa, Coyoacán, entre otros. Al norte, los asentamientos rebasan las faldas de la Sierra de Guadalupe y tiene lugar el fenómeno de conurbación con los municipios vecinos de Naucalpan, Tlanepantla, Cuautitlán y Ecatepec. A finales de este siglo, se produce el proceso de desindustrialización de las grandes ciudades y la ciudad de México no es la excepción. Este fenómeno aunado al encarecimiento de la renta del suelo hace que la ciudad central (formada por las alcaldías Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Benito Juárez y Miguel Hidalgo) pierdan población. Por el contrario, la hoy llamada Zona Metropolitana del Valle de México, sigue expandiendo su mancha y en la actualidad son 60 los municipios conurbados que la conforman junto con las alcaldías de lo que fue el Distrito Federal y es hoy Ciudad de México (Gallegos, 2017).

Tipos y determinación de los derechos de vía.

La determinación de los derechos de vía no se aplica de la misma manera; estos se establecen y proyectan de acuerdo con la funcionalidad que requieran, debido a que no puede asignarse una misma sección; la superficie que se necesita para este resguardo de diversas áreas naturales no puede igualarse a las que se aplican para la infraestructura y su conservación.

La legislación como leyes, reglamentos, normas, manuales, etcétera, son una parte importante que permite explicar la necesidad de crear estas áreas dependiendo del asunto que se trate, razón por la cual se muestra el fundamento que la sustenta, aunado a la determinación en cuanto a seccionamiento y longitud de acuerdo con cada entidad gubernamental que involucra los derechos de vía que consignan en la zona de estudio, es decir, en el Río de los Remedios y/o Autopista Naucalpan-Ecatepec.

El primer sistema por tratar refiere a la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal (2020) que en su artículo 2º. Fracción III establece y define al derecho de vía como:

“Franja de terreno que se requiere para la construcción, conservación, ampliación, protección y en general para el uso adecuado

de una vía general de comunicación, cuya anchura y dimensiones fija la Secretaría, la cual no podrá ser inferior a 20 metros a cada lado del eje del camino. Tratándose de carreteras de dos cuerpos, se medirá a partir del eje de cada uno de ellos”. (p. 2)

El concepto se aprecia y establece en la Autopista Naucalpan-Ecatepec, también conocido como “Macrolibramiento Mexiquense”, el cual se conforma por una distancia aproximada de 12.65 kilómetros y está compuesta por dos secciones, el primer tramo del kilómetro 0+000 al 7+300 y el segundo del kilómetro 7+300 al 12+650; se ubica en los sentidos este y oeste con el Municipio de Tlalnepantla de Baz del Estado de México y en el centro con la Alcaldía Gustavo A. Madero de la Ciudad de México, teniendo una conexión en el poniente con el puente de Vigas, al oriente con la Autopista México-Pachuca. Asimismo, esta obra se construyó sobre los taludes cimentados del Río de los Remedios, lo que permitió que no se afectara el cauce y su eje, admitiendo un mejor flujo del caudal y ayuda para que se evite un riesgo de desbordamiento e inundaciones.

El segundo punto, refiere a la industria de los hidrocarburos, mismos que fungen un papel importante en el sector energético, puesto que ayuda al desarrollo económico del país y forma una parte indispensable del consumo por parte de la población. Esta industria comenzó sus inicios en años 30's; ocupaba el 64 % del total de energía utilizada, e incrementó a 90.1 % durante los años 70's (Garza, 1985, p. 246).

La información relativa a este sector es limitada, debido a que, al solicitar datos sobre su derecho de vía, la dependencia competente comentó que la información está clasificada como “reservada”. Sin embargo, de las investigaciones realizadas, se detectó el dato proporcionado por Ma. Elda Ordaz Ayala (2013), en la que explica que el ancho mínimo establecido es de 10 a 25 metros, lo que permite elaborar el estudio correspondiente a esta área.

Continuando con la zona de estudio, en el tercer espacio a tratar se localizan una serie de torres eléctricas, en las que de acuerdo con las especificaciones de derecho de vía de la Comisión Federal de Electricidad CFE L1000-10 (2019), señala como definición que:

Es una franja de terreno que se ubica a lo largo de cada línea aérea, cuyo eje longitudinal coincide con el trazo topográfico de la línea, en caso de líneas construidas como tipo lindero, el ancho del derecho de vía se debe considerar a partir del eje longitudinal del conductor. Su dimensión transversal varía de acuerdo con el tipo de estructuras, con la magnitud y desplazamiento lateral de la flecha y con la tensión de operación. (CFE, 2019, p. 5)

Para este tema se considera que la aplicación, construcción, y establecimiento de los derechos de vía, dependerá de la zona en la que se localice, ya sea rural o urbano, o bien, dependiendo de la topografía del terreno ya sea plana o con pendiente; por ese motivo, los asentamientos humanos irregulares consignados en estas zonas corren un riesgo latente al estar en zonas altas y con líneas eléctricas, corren peligro en caso de existir algún incidente.

El cuarto elemento por analizar es la obra más reciente construida por el Gobierno de la Ciudad de México, el Cablebús. Si bien es cierto, este medio de transporte no transita a lo largo de la zona de estudio, se detectó que intercepta con la Autopista Naucalpan-Ecatepec y/o Río de los Remedios a la altura de la Calzada Ticomán.

La movilidad que ofrece este medio corresponde a la Línea 1 del Cablebús que transita desde la base del Centro de Transferencia Modal (CETRAM) Indios Verdes, pasando hasta la zona carente de accesibilidad, Cuauhtépec. Consigna diversas conexiones como el Sistema de Transporte Colectivo (metro) en la línea 3, Metrobús líneas 1 y 7, y el Mexibús que conecta con el Estado de México. Este medio de transporte tiene un sistema eléctrico que permite la disminución de emisiones de bióxido de carbono y recorre una distancia aproximada de 9.4 kilómetros distribuidos en seis estaciones con un ramal a la zona de Tlapexco.

Finalmente, existe un cuerpo de agua que recorre la zona multicitada, por lo que le compete lo descrito en la Ley del Derecho al Acceso Disposición y Saneamiento del Agua de la Ciudad de México, publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 27 de mayo de 2003; estipula que el derecho de vía se define como: “El área destinada a los conductos hidráulicos naturales o artificiales para protección y realización de mantenimientos preventivos y correctivos” (G.O.D.F., 2003); por lo que, es transcendental, cumplir con la encomienda de esta normatividad para el beneficio, integridad y seguridad de la ciudadanía.

Ahora bien, esta zona lacustre tiene la denominación de Río de los Remedios, el cual de acuerdo con Lucrecia González Tinajero (2007, p. 6), describe que el origen de este río data de un origen prehispánico, teniendo por objetivo principal el caudillaje de agua limpia y pura. Sin embargo, a consecuencia del crecimiento poblacional en la urbe y del sector industrial, se convirtió en un recaudador de aguas residuales que provienen del oeste de la cuenca de México, causando problemáticas de gran complejidad en el tema de contaminación a lo largo del cauce.

Este río se origina en el vaso regulador denominado “Cristo”, ubicado entre la hoy Alcaldía Azcapotzalco y el Municipio de Naucalpan de

Juárez. Unido con otros ríos, desembocan sus aguas por un canal que se dirige hacia el emisor central ubicado en el Valle del Mezquital. La contaminación originada por este río ha provocado un gran daño sanitario en la región, teniendo como consecuencia la contaminación de cultivos, la propagación de infecciones o la salinidad en la tierra.

Por otro parte, en información proporcionada por la Comisión Nacional del Agua, se manifiesta que el Río de los Remedios se origina con la declaratoria de propiedad nacional número 339 de fecha 16 de octubre de 1923, y publicada ante el Diario Oficial de la Federación el día 10 de enero de 1924, la cual lleva por título “Declaración de que las aguas del Río Unido con las de los Ríos de los Remedios y Tlalnepantla y Desviación Combinada de ambos, son propiedad nacional”, motivo por el que al tratarse de una obra de infraestructura hidráulica, no tiene el nombramiento de derecho de vía, sino que esta superficie se denomina zona de protección, toda vez que no se trata de zona federal ya que no es un cauce natural.

Por lo anterior, es fundamental definir, ubicar y trazar la zona de protección que permita su resguardo y conservación, ello con la finalidad de evitar las problemáticas que permanecen actualmente. También, como se ha señalado y considerando la zona de estudio, se implica en las inmediaciones de la Ciudad de México, específicamente, la localizada en la Alcaldía Gustavo A. Madero, el cual consigna una distancia aproximada de 1,334 metros. Asimismo, su situación física se encuentra con basura en los contornos y vegetación no abundante.

Impactos en la estructura urbana y ordenamiento del territorio derivados de la invasión de los derechos de vía

El esqueleto que forma el soporte de la estructura urbana, son las vialidades, pero también los derechos de vía de otras formas de comunicación como los ferrocarriles, u otros elementos de infraestructura como canales, ríos y otros cuerpos de agua o accidentes topográficos como montañas o barrancas. En el caso de la Ciudad de México, parte de su estructura fue determinada por sus ríos como es el caso del Río Consulado cuyo trazo se aprovechó para el hoy Circuito Interior, Río de la Piedad (Viaducto Piedad), Río Becerra, Río San Joaquín (Vía rápida del mismo nombre), Río los Morales (Av. Campos Elíseos). O en el caso de los canales, se tiene como ejemplo el que antes fue el Paseo de la Viga y hoy es uno de los ejes viales. Otro caso es el ferrocarril, cuyo trazo también sirvió para albergar vialidades paralelas o como el caso del ferrocarril de Cuernavaca en el tra-

mo comprendido entre la Calzada México Tacuba y Molière en Polanco, donde a los costados de las vías se creó un parque lineal con ciclovía.

Sin embargo, aquellos derechos de vía que fueron invadidos han afectado la estructura urbana. Son múltiples los ejemplos de ello, como la actual invasión de viviendas informales en las derivaciones del ferrocarril de Cuernavaca.

Es importante resaltar que la invasión en los derechos de vía, pone en riesgo a la población más vulnerable. Ejemplo de ello es el accidente acaecido en mayo de 2013, en la autopista México-Pachuca, cuando se desprendió parte de un doble remolque de una pipa con gas LP que circulaba en esa vía. En ese accidente 25 viviendas se incendiaron y también fue impactado un lote donde se ubicaban aproximadamente 15 casas en su mayoría de lámina y cartón, las cuales fueron arrasadas (Velasco et al., 2013).

En cuanto a las restricciones derivadas de la existencia de cuerpos de agua, también se han dado grandes afectaciones por su desbordamiento. Un ejemplo es el Río de los Remedios, convertido en el gran canal de desagüe de la Ciudad de México. En febrero de 2010, este río de aguas negras se desbordó en la madrugada afectando las colonias cerca de su cauce a la altura de Ciudad Nezahualcóyotl en el Estado de México. En julio de 2019, nuevamente se desborda durante la madrugada afectando esta vez a la colonia Guadalupe Proletaria en la alcaldía Gustavo A. Madero de la Ciudad de México.

En Monterrey, Nuevo León se generaron importantes vialidades a los lados del viejo cauce del río Santa Catarina que prácticamente se consideraba un río seco, y se buscaba aprovecharlo para equipamiento de tipo recreativo como canchas y juegos. Sin embargo, con la llegada del huracán Gilberto en septiembre de 1988, las calles de Monterrey se vieron inundadas y autobuses que buscaron la salida por las vialidades junto al cauce del río, fueron arrastrados por la corriente, incluyendo un tractor que trataba de ayudarlos.

Estos son solo algunos de los ejemplos que muestran la importancia de respetar los derechos de vía establecidos para la protección de la población. Sin embargo, la ineficiencia administrativa y la falta de certeza propician la invasión. Un ejemplo en la Ciudad de México es el caso del predio ubicado en Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 3042, Colonia San Jerónimo, Alcaldía Álvaro Obregón y que colinda con la presa denominada Anzaldo (Figura 1). El predio en cuestión, se mostraba en la lámina 264 del plano de Alineamiento y Derechos de Vía (Figura 2), como un espacio vacío y solo una nota que indica “barranca”, dejando en incertidumbre a la presa.

De ahí, que en este lugar intentaron construir una torre de 17 pisos a pesar de ser un predio con zonificación AV (área verde). Cabe mencionar que la lámina referida que debería indicar la zona federal no lo hace, lo que facilita la violación de diversas normatividades en materia de desarrollo urbano.

Esto muestra que el problema de invasiones parte desde la administración y la recuperación de los espacios invadidos es un proceso extenso, laborioso y monótono, el cual no permite en la mayoría de sus casos, el rescate de dichas áreas; ya sea porque el impacto social y político rebasa los alcances del gobierno en turno o porque jurídicamente los invasores buscan el amparo como recurso y la falta de un sistema jurídico veraz y eficiente, lleva a que se pierdan los casos.

Riesgo, amenaza y vulnerabilidad social y territorial

De acuerdo con Lavell (2001), el riesgo alude a una probabilidad de pérdidas y daños a futuro, siendo estas físicas, psicosociales y culturales; con la viabilidad de que existan afectaciones relacionadas directamente con condiciones en la sociedad considerando diversos aspectos como comunidades, ciudades, vivienda, entre otras. Por tales razones, al existir este elemento se presentan diversos factores que se clasifican en amenazas y vulnerabilidad; el primero de ellos es la probabilidad de que ocurra un evento físico que ocasione algún tipo de daño en la sociedad. El segundo término establece que es una serie de características diferenciadas por la sociedad y se inducen a sufrir algún daño por un evento físico externo, que conlleva una complicada recuperación (Lavell, 2001, p. 2).

Cabe destacar que la vulnerabilidad se manifiesta por medio de diversos componentes o elementos, las cuales se ubican en la ubicación de la población, infraestructura, inseguridad estructural en edificaciones, entre otras; permitiendo hacer énfasis a eventos de amenazas causados por la creación de ideas falsas, carencia de unión y organización, o bien, por la falta de educación adecuada. Asimismo, el distanciamiento del sector gubernamental causa la omisión que vela por la seguridad e integridad ciudadana (Wilches-Chaux, 1993).

Es importante resaltar que el riesgo es el resultado de la interrelación entre amenaza y vulnerabilidad, considerado como “una construcción social, dinámica y cambiante, diferenciado en términos territoriales y sociales” (Lavell, 2001), así como en condiciones particulares por la existencia física o humana, las cuales pueden medirse y se manifiesta como condiciones de vida inseguras para la población (Blaikie et al., 1996).



Figura 1.- Presa Anzaldo. Predio ubicado en Blvd. Adolfo Ruiz Cortines No. 3042 y presa Anzaldo. Fuente: <https://jefaturadegobierno.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/inicia-gobierno-capitalino-demolicion-de-inmuble-en-presa-anzaldo>



Figura 2.- Fracción parcial del plano de Ali-neamientos y Derechos de Vía, Lámina 264, en la que se puede apreciar la falta de información en cuanto a la zona federal de la presa Anzaldo. Fuente: Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Ciudad de México.

Para el caso de estudio analizado en el presente y considerando su aplicación puntual y precisa, cabe destacar lo escrito por Lavell (2001), que a la letra dice:

En el caso de la vulnerabilidad la incidencia de políticas nacionales forjadas en las ciudades capitales o fuera del país, referidas a asuntos como la inversión pública, el manejo ambiental, los estímulos a la producción y la reconversión, la descentralización y el fortalecimiento municipal, los fondos de inversión social, la participación popular, etc., tienen impactos en los ámbitos locales y familiares, lejos de los centros de decisión política. Finalmente, en lo que se refiere a la coincidencia territorial de las causas e impactos de los desastres, mención se puede hacer de las formas en que la inadecuada construcción de diques altera los caudales de los ríos resultando en nuevos patrones de inundación, la manera en que la ausencia de planes de ordenamiento territorial y de controles sobre la localización de viviendas e infraestructura impuestas por los gobiernos locales tiene repercusiones severas en términos del riesgo en el nivel local, o de la forma en que el bloqueo de alcantarillados o cauces fluviales por el depósito de basuras domésticas e industriales causa episodios

de inundación en sus cercanías. Múltiples otros ejemplos de la coincidencia y diferencias territoriales en la causalidad y en el impacto pueden encontrarse. (Lavell, 2001, p. 7)

Por lo descrito en párrafos anteriores, para el análisis de la estructura urbana de la Ciudad de México, se considera que el desarrollo de la ciudad se desarrolló hacia la periferia, generando una forma extensiva y desarticulada, multiplicando en menos de cincuenta años el crecimiento, y “tiene por consecuencia un alto costo social y ambiental, que agudiza las desigualdades sociales, presiona sobre la dotación de infraestructura, servicios y equipamiento urbano, al mismo tiempo que destruye los bienes ambientales y pone en riesgo la sustentabilidad entera de la ciudad” (Cruz, 2009, p. 121).

Se tuvo la necesidad del incremento de vías de comunicación rápidas y eficientes; completando lo que se había trazado como un circuito periférico hacia el oriente y norte, con conexión en nuevos centros de distribución y de servicios. Es aquí donde la vialidad seleccionada como caso específico de estudio tiene conexión con la Autopista Naucalpan-Ecatepec y que paralelamente corren el Río de los Remedios y otras infraestructuras que tienen por objetivo la disposición de servicios que sirven a la Ciudad de México y Área Metropolitana.

Partiendo de este punto y considerando lo anteriormente descrito, es necesario entender que los derechos de vía son parte fundamental en el desarrollo de la ciudad, ya que transportan y sirven de servicios que ayudaban al desarrollo económico del país, así como a su adecuada representación gráfica que permitía dar identidad a éstos. En este sentido, existe cartografía oficial por parte del Gobierno de la Ciudad de México que permite su expresión simbólica, estos planos se denominan planos de Alineamientos y Derechos de Vía, y su particularidad es que donde se ubica la zona de estudio no consignan ningún derecho de vía, o bien, la graficación de la infraestructura que existe físicamente (Río de los Remedios, Autopista Naucalpan-Ecatepec, líneas de alta tensión y ductos petroleros), dejando en un vacío con incertidumbre el espacio geográfico de la zona, lo que favorece la invasión con construcciones y asentamientos irregulares en estas superficies pertenecientes a los derechos de vía. Para el caso del Cablebús, cabe destacar que su creación a la inversa; es decir, se constituyó el derecho de vía sobre zonas de viviendas consolidadas.

Al crearse estos grupos habitacionales y humanos, se puede apreciar la invasión a los derechos de vía, principalmente a la línea de alta tensión y ductos petroleros (Figuras 3 y 4); sin que la población que radica en di-



Figura 3 (izquierda).- Torre de alta tensión colindante con construcción habitacional. Foto: Valentín Pérez Cruz.



Figura 4 (derecha).- Poste amarillo tipo IV que señala el paso de un ducto, colindante con construcción habitacional. Foto: Valentín Pérez Cruz.

chas áreas tenga conocimiento de que existe un riesgo y vulnerabilidad hacia su bienestar, ya que el objetivo y definición en general de los derechos de vía, radica en la conservación para la protección y salvaguarda la integridad de la ciudadanía.

Con la información obtenida de diversas entidades gubernamentales descritas más adelante, se procedió a realizar el estudio que permitiera replantear las secciones de los diversos derechos de vía y zonas de protección (para el caso del Río de los Remedios), con la finalidad de determinar el número de inmuebles que tienen alguna intersección con estos derechos de vía. En los siguientes mapas se representan los resultados del estudio.

No es óbice señalar que la lotificación utilizada para el estudio que ocupa este estudio, se obtuvo en la oficina virtual de catastro (OVICA), perteneciente a la Secretaría de Administración y Finanzas de la Ciudad de México.

De acuerdo con la interpretación de la zona de protección del Río de los Remedios, esta tiene una sección de 75 metros (37.50 metros a cada lado a partir del eje del río), y al plasmarse con respecto a la lotificación, se calculó que hay 74 inmuebles dentro del área; zona habitacional que corre el riesgo de inundarse (Figura 5).

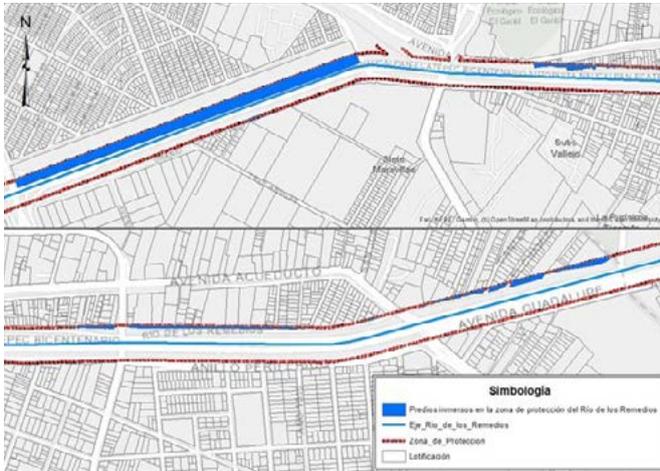


Figura 5.- Predios inmersos en la zona de protección del Río de los Remedios. Elaboración de Valentín Pérez Cruz con información catastral y datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua..

La siguiente infraestructura analizada, refiere la línea de las torres de alta tensión, la cual tiene una sección variable entre 10, 17 y 18.50 metros, ya que, en el tendido de la línea tiene 3 tipos de torres, y de acuerdo con las normas de la Comisión Federal de Electricidad, conlleva diferentes secciones del derecho de vía.

Ahora bien, el estudio arroja que hay 50 inmuebles que se encuentran inmersos en el derecho de vía antes señalado, y puede apreciarse de mejor manera en la Figura 6.

Por otra parte, se tiene los ductos petroleros, los cuales han sido tendencia en los últimos años, a causa de que la extracción ilegal se ha incrementado considerablemente; razón por la cual es importante su resguardo y conservación del derecho de vía como ya se ha señalado. Asimismo, la información solicitada a Petróleos Mexicanos (PEMEX) no fue proporcionada, toda vez que el argumento de esta entidad gubernamental ha sido que puede afectarse la seguridad nacional si se emite la información requerida. Sin embargo, como quedó asentado en páginas anteriores, existe el trabajo realizado por Ma. Elda Ordaz Ayala, que señala secciones de 10 y 25 metros, el cual se retomó con el fin de mostrar cómo se presentaría los derechos de vía de dichos ductos.

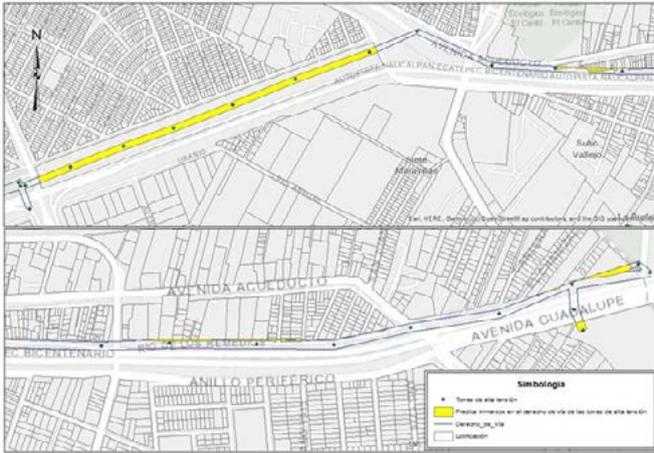


Figura 6.- Predios inmersos en el derecho de vía de las torres de alta tensión. Elaboración de Valentín Pérez Cruz con información catastral y datos proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad.



Figura 7.- Predios inmersos en el derecho de vía de los ductos petroleros (10 metros). Elaboración de Valentín Pérez Cruz con información catastral y datos de Ordaz-Ayala (2013)

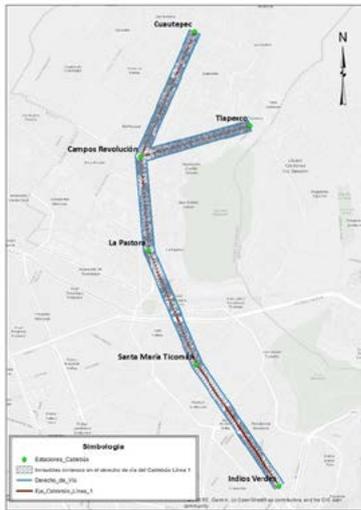


Figura 9.- Predios inmersos en el derecho de vía de los ductos petroleros (10 metros). Elaboración de Valentín Pérez Cruz con información catastral y datos de Ordaz-Ayala (2013)..

Conclusiones

Con el desplazamiento poblacional más vulnerable hacia las periferias de la Zona Metropolitana del Valle de México, se han creado asentamientos humanos irregulares en zonas federales y/o protección que están establecidas por los derechos de vía. Estas invasiones conllevan la modificación de la morfología urbana y por consiguiente el ordenamiento territorial.

La industria y el sector inmobiliario también ocupan parte de los derechos de vía, ocasionando externalidades negativas para el desarrollo de la ciudad que pueden causar problemas económicos y de movilidad.

Asimismo, la autoridad competente no ha puesto la atención necesaria en temas de derechos de vía, teniendo deficiencias en normatividad jurídica aplicable a los derechos de vía, y una normalización en cuanto a la simbología para dar claridad a su ubicación. Esto ha favorecido que ciertos sectores de la población hagan un aprovechamiento malicioso a la infraestructura o áreas naturales, dañándolas considerablemente al existir este vacío legal y de comunicación simbólica.

Al analizar la zona de estudio, se determinó la existencia del riesgo evidente que trae consigo una vulnerabilidad hacia los asentamientos irregulares que se establecieron en ese lugar. Por tanto, el impacto que tiene este peligro es causado por la ignorancia y por otro lado por los vacíos legales.

Por lo antes descrito, es necesario que las entidades gubernamentales competentes den una identidad a cada uno de los tipos de derechos de vía, así como su aplicación y graficación en la cartografía oficial, o bien, podría crearse un Sistema de Información Geográfica (SIG) con la finalidad de mejorar el desarrollo tecnológico; la ejecución operante de los planos; facilidad de manejo para la ciudadanía; y una representación gráfica adecuada de los derechos de vía y toda la simbología involucrada.

Finalmente, posterior al análisis realizado, se determina que se cumple con el objetivo propuesto, toda vez que se partió de la transdisciplina, se ahondó sobre la vulnerabilidad, riesgo y amenaza y se abordó desde esta visión un tema de estudio limitado que genera información sobre la certeza técnica y jurídica de los derechos de vía.

Referencias bibliográficas

- Ayala, E., López, R. (2003). Carlos Contreras en la Historia de la Planificación Urbana. En G. G. Alonso (Ed.), *Planificación y Urbanismo Visionarios de Carlos Contreras. Escritos De 1925 A 1938* (pp. 25-35). UNAM, UAM-A y Universidad de San Luis Potosí.
- Bazant, J. (2009). *Periferias Urbanas*. Trillas.
- Blaikie, P. et al. (1996) *Vulnerabilidad: El Entorno Social, Político y Económico de los Desastres*. La Red y Tercer Mundo Eds.
- Comisión Federal de Electricidad [CFE](2019). Especificación CFE L1000-10. Derecho de vía. Comisión Federal de Electricidad. <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/c/L1000-10.pdf>
- Cruz-Santiago, F. (2008). Efecto de la globalización en el espacio urbano de la Ciudad de México: caso de estudio Antara Polanco. [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio Institucional IPN. <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/5317>
- Financiero, (25 de julio de 2019). Equipos de emergencia atienden este jueves el desborde del Río de los Remedios en la colonia Guadalupe Proletaria, Gustavo A. Madero, informó el C5, a través de su cuenta de Twitter, El Financiero. <https://www.elfinanciero.com.mx/nacional/se-desborda-el-rio-de-los-remedios-por-lluvias-en-la-cdmx/>
- Gallegos-Navarrete, B. M., (2020). Ciudad de México. Transformación y desarrollo, visto desde la recursividad de los sistemas (de su origen al siglo XX). En García Ayala J.A. y Gallegos Navarrete B.M. (coord.). *Hacia un análisis complejo del espacio urbano arquitectónico* (pp. 21-52). Plaza y Valdés.
- Gallegos-Navarrete, B. M. (2017). Impactos urbanos ante la complejidad del cambio al modelo de Ciudad Compacta. Efectos y contrastes en las colonias Anáhuac-Granada Delegación Miguel Hidalgo. [Tesis de doctorado, Instituto Politécnico Nacional]. <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/30012>
- García, D. (1978). *Iniciación al Urbanismo*. UNAM.
- Garza, G. (1985). *El proceso de industrialización en la Ciudad de México 1821-1970*. Colegio de México.
- González-Tijanero, L. (2007). *Perspectivas del riesgo geológico ambiental*.

- tal en el río de los Remedios, zona Limítrofe entre el Distrito Federal y Estado de México [tesis de licenciatura, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio Institucional IPN. <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/16988>
- Lavell, A. (2001). Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición. Biblioteca Virtual en Salud de Desastres-OPS, 4, 1-22. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/en/des-15036>
- Ley del Derecho al Acceso Disposición Y Saneamiento del Agua de la Ciudad de México [LDADS]. 27 de mayo de 2003. No. 42. Gaceta Oficial del Distrito Federal
- Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal [LCPAF]. 01-12-2020. Diario Oficial de la Federación, 2020. Munizaga, G. (2017). Diseño Urbano, Teoría y Método. Alfaomega.
- Munizaga, G. (2005). Las Ciudades y su Historia, Una Aproximación. Alfaomega.
- Montesinos-Pedro, E. (2017). La construcción social del riesgo en el hábitat localizado cerca de los ductos de PEMEX: Poza Rica de Miguel Hidalgo y Coatzacoalcos, Veracruz, México [tesis de doctorado, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio Institucional IPN. <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/28815>
- Ordaz-Ayala, M. (2013). Procedimiento administrativo para la legalización del derecho de vía de un ducto [tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio Institucional IPN. <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/22912>
- Ruiz-Gómez, M. (2006) El crecimiento de asentamientos irregulares en áreas protegidas. La Delegación Tlalpan. Investigaciones Geográficas (60), 83-109. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112006000200006
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2018). Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. SCT
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (2012). Plano de alineamientos y derechos de vía, lámina 289. Escala 1:2,000. SEDUVI.
- Segura, E. (2022). Calzadas, calles y avenidas que hicieron los aztecas y todavía existen. Chilango. <https://www.chilango.com/agenda/otros/calzadas-calles-y-avenidas-que-hicieron-los-aztecas-y-todavia-existen/>

- Terrazas, O. (2000). Las nociones de centro en la ciudad global. En Anuario de espacios urbanos. UAM-A.
- Unikel, L. (1976). El desarrollo urbano de México. Colegio de México.
- Velasco, M. A., Toribio, L. y Cruz, F. (17 mayo 2013). Siniestro en San Pedro Xalostoc mata a 22 personas. Grupo Imagen Radio. <https://www.imagenradio.com.mx/siniestro-en-san-pedro-xalostoc-mata-22-personas>
- Wilches-Chaux, G. (1993). La Vulnerabilidad Global. En Maskrey, A. (ed.) Los Desastres no son Naturales. La Red. Tercer Mundo Editores.

Probabilidad de inundación en los humedales Vigía y Tasajera

Tania Gudelia Núñez-Magaña¹, Adalberto Galindo Alcántara¹, Carlos Alberto Mastachi Loza², Silvia del Carmen Ruiz Acosta³ y Miguel Ángel Palomeque de la Cruz¹*

Resumen

La interacción entre los componentes hidrológicos de los ecosistemas y el dinamismo de las áreas de inundación en el tiempo aportan información sobre el funcionamiento de los ecosistemas lénticos para la conservación de bienes y servicios ecosistémicos. La diversidad de modelos de transferencia de radiación dirigidos a precisar y analizar los cambios en las superficies acuáticas muestra que, investigar el comportamiento de los cuerpos lagunares es complejo. Especialmente, las variables hidrológicas como la precipitación y la temperatura poseen reflectancias muy parecidas a las superficies acuáticas que dificultan desde la delimitación de los cuerpos lagunares hasta la generación de fuentes de datos históricos hidrológicos con estas variables. Bajo este contexto, este trabajo estimó los escenarios de inundación probable en las lagunas Vigía y Tasajera ubicadas en la cuenca baja del Río Grijalva (CBRG) en Tabasco. Utilizando una serie de imágenes espectrales Landsat 4-5 MT y Landsat 8 OLI de 32 años se aplicaron los modelos de agua MNDWI y MBWI, por sus siglas en inglés, se encontraron los umbrales que maximizaron la diferenciación de superficies acuáticas en las imágenes obtenidas de la CBRG y se exploraron los cambios en los patrones naturales de inundación en el tiempo. Finalmente, con los registros históricos de precipitación se obtuvo el comportamiento de las variables hidrológicas y las probabilidades de inundación.

Palabras clave: inundación, probabilidad, MNDWI, MBWI

1 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas

* Autor de correspondencia: Tania.nunez@ujat.mx, tanunezm@gmail.com.

2 Instituto Interamericano de Tecnologías y Ciencias del Agua. Universidad Autónoma del Estado de México.

3 Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca

Introducción

Las investigaciones de los mecanismos de interacción entre los componentes hidrológicos y los humedales inundables aportan información sobre el desarrollo de sus funciones, la evolución y tendencias para el manejo, planeación y prevención de desastres naturales como inundaciones y sequías (Aguilar & Lara, 2022; Mukherjee & Pal, 2021; Pal & Singha, 2022). Los humedales contienen grandes variaciones en la extensión superficial, composición química y características físicas que a lo largo del tiempo cambian (Comisión Nacional del Agua, 2018; Lane et al., 2023). Estos cambios ocurren con el desarrollo de los procesos naturales como la temporalidad, la estacionalidad, la variabilidad climática y los periodos de inundación en los humedales inundables (Donnelly et al., 2019; Lefebvre et al., 2019; Petsch et al., 2023).

Los humedales inundables ejemplifican la importante influencia de la hidrología en las condiciones ecológicas y la prestación de servicios ambientales como la regulación de inundaciones, sequías y purificación del agua, que se encuentran sustentados por condiciones hidroecológicas. Por lo tanto, los cambios en la hidrología impulsados por el cambio climático tienen consecuencias más amplias para las poblaciones humanas (Thompson et al., 2023). En publicaciones anteriores se han propuesto modelos de transferencia radiométrica para analizar las modificaciones que experimentan las superficies de agua a lo largo del tiempo a cualquier escala (Atay y Kaplan, 2023; Huang et al., 2018; Qi et al., 2022). Los modelos radiométricos son aplicados en la teledetección por su factibilidad económica en el estudio de las aguas continentales a largo plazo (Sandoval-Rivera et al., 2022; Zhu et al., 2020). A partir de estos resultados se puede determinar la evolución de los entornos de agua naturales, rasgos hidrológicos y períodos de sequía (Andrade-Velázquez et al., 2021; Cavallo et al., 2021; Singha & Pal, 2023).

El monitoreo histórico de las superficies de agua revela los factores y mecanismos de influencia que ocasionan los eventos hidrometeorológicos extremos como inundaciones extraordinarias, sequías y la degradación de los ecosistemas lénticos (Liu et al., 2022; Upadhyay y Patel, 2022; Yang et al., 2022; Zheng et al., 2020).

Con el objetivo de generar información de la evolución de las superficies de agua en los humedales para el manejo, planeación y prevención de desastres naturales se estimó la probabilidad de eventos de inundación que generan conectividad hidrológica lateral en las lagunas Vigía y Tasa-jera ubicadas en la cuenca baja del RG, Tabasco. Además, estos resultados

permitirán determinar las alteraciones y tendencias en el flujo ambiental de los humedales estudiados.

Metodología

La cuenca baja del RG es la más importante de México, posee la mayor disponibilidad de agua del país y una superficie de 11,948 km² donde, más del 50% es agua permanente. Presenta un clima cálido-húmedo con temperaturas máximas de 36 °C y una temperatura media anual de 27 °C. Las lluvias se hacen presentes a lo largo del año y se agudizan de julio a octubre, periodo en el que se alcanzan los valores máximos de precipitación anual (Arreguín - Cortés et al., 2014; Comisión Nacional del Agua, 2018; Valdés-Manzanilla, 2016). En ella se tienen nueve sitios Ramsar y elevados índices de biodiversidad (Conanp, 2007; DOF, 2018). Dos de los humedales de mayor preponderancia en el área de estudio (Conabio, 2009) fueron seleccionados para generar información de la evolución de las superficies de agua.

La Figura 1 señala la metodología diseñada para este análisis, en el que se integraron imágenes Landsat 4-5TM y Landsat 8OLI obtenidas de la página oficial “United States Geology Survey” (United States Geology Survey, 2022), donde se eligieron imágenes con niveles de cobertura de nubes inferiores al cinco por ciento dentro del periodo de 1986 a 2018. Posteriormente, cada imagen fue procesada a través de una corrección atmosférica y una calibración radiométrica bajo el procedimiento de Chandler et al. (2009). Utilizando TerrSet 18.3.1 se estimaron las reflectancias de cada imagen. Para imágenes Landsat 4-5TM se utilizó el modelo $\cos(t)$, en tanto que en imágenes Landsat 8OLI se aplicó el modelo TOA (Ariza, 2013; Ariza et al., 2014).

Se delimitaron 7907 km² de superficies de agua y 4041 km² de superficies no-agua y cuya extensión global fue de 11, 948 km². Para ello, se realizó la clasificación de las superficies de agua donde se tomó en cuenta el mapeo de las aguas continentales de la hidrología superficial del área de estudio (Geografía y Medio Ambiente - INEGI, 2019).

Posteriormente, el índice radiométrico de agua MBWI (Wang et al., 2018) fue estimado únicamente en imágenes Landsat 8OLI. Mientras que, en imágenes Landsat 4-5TM se evaluó el índice radiométrico de agua MNDWI (Nandi et al., 2018). Mediante el método del umbral y con los resultados obtenidos en los índices MBWI y MNDWI se determinaron los valores que acentuaron las superficies de agua establecidas en

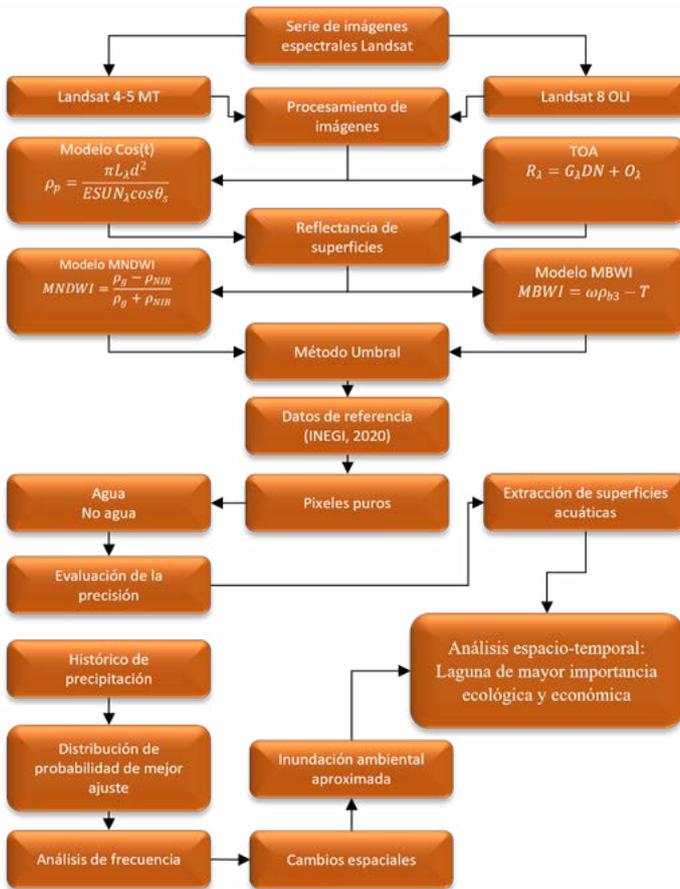


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología. Elaboración propia

la Figura 2 para definir los píxeles que únicamente albergan superficies de no- agua y aguas continentales para cada imagen (Najafi Neysiani et al., 2022; Zhang et al., 2018; Zhou et al., 2019).

Las probabilidades de inundación estimadas en este estudio se derivan de la selección de los humedales inundables bajo dos criterios. El primero, humedal de mayor importancia ecológica, y el segundo, humedal con influencia urbana (Figura 3).

Estos fueron, la laguna “Tasajera” valorada como humedal de importancia internacional y área natural protegida (Comisión Nacional de

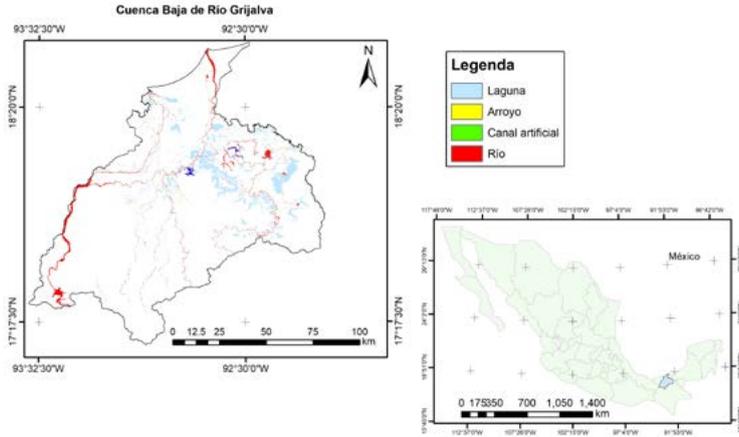


Figura 2. Clasificaciones de los cuerpos de agua en la CBRG. Elaboración propia.

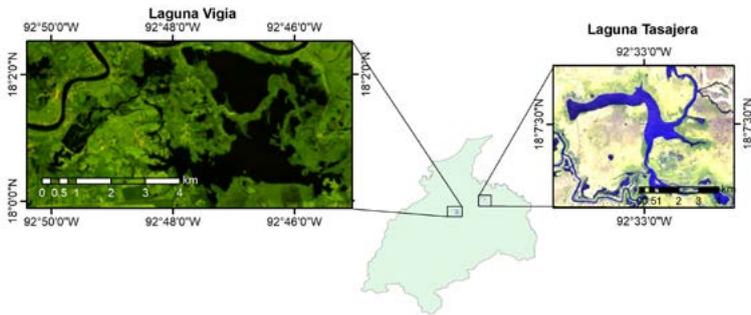


Figura 3. Cuerpos de mayor importancia ecológica y económica en la CBRG. Elaboración propia.

Áreas Naturales Protegidas, 2018; DOF, 2018) y el humedal “Vigía” elegida para el análisis por su extensión y su cercanía a uno de los núcleos urbanos más importantes de Tabasco, lo que le brinda una gran relevancia económica y social.

En la integración de las características hidrológicas del agua para este análisis se utilizaron los registros de precipitación diarios de 1986 a 2018, extraídos de la base de datos meteorológicos para América del Norte, Versión 4 en una cuadrilla de 1 km (Thornton et al., 2020). Subsecuentemente, el procesamiento de los datos meteorológicos consistió en promediar los valores obtenidos a lo largo de toda la superficie de agua de los humedales de la Figura 3. Después, se realizó un análisis de frecuencia

de precipitación con los datos de precipitación acumulada mensual (Gu & Adler, 2023; Mo et al., 2019; Philandras et al., 2011). Posteriormente, se buscó la distribución de probabilidad que más se aproximó a los datos históricos de precipitación con ayuda del software Minitab 19 con la versión de prueba. Como último paso, se relacionó cada imagen de la serie a uno de los siguientes periodos de retorno (Tr); 2, 5, 10, 20, 50 y 70 años.

Resultados

La aplicación de los criterios de selección para las imágenes satelitales dentro del periodo de estudio arrojó un total de 169 imágenes factibles para estimar las probabilidades de inundación en los humedales “Vigía” y “Tasajera”. De estas, 55 fueron imágenes espectrales Landsat 8OLI y los 114 restantes fueron imágenes espectrales Landsat 4-5TM. En las evaluaciones del índice radiométrico MBWI el coeficiente de proporción que acentuó la delimitación de las superficies de agua fue $\omega=4$. El coeficiente de proporción ω se determinó mediante una serie de pruebas, donde el índice radiométrico de agua MBWI fue evaluado para valores de ω dentro de un intervalo de 0.1-5. El valor que optimizó la precisión de las aguas continentales definidas por la Figura 2 fue $\omega=4$. La definición de las superficies de agua con los resultados del índice radiométrico de agua MBWI y el coeficiente $\omega=4$ fue verificado a través de imágenes Google - Earth. El centro de distribución de los valores estimados por los índices radiométricos de agua MBWI y MNDWI se muestran en la Figura 4. Los valores inferiores a cero representan las superficies de no-agua.

Los resultados revelaron que el umbral viable para definir las aguas continentales con el índice radiométrico de agua MBWI fue de 0.11 a 0.32 y con el índice radiométrico de agua MDWI fue de 0 a 0.71. A partir de estos resultados, los píxeles puros fueron definidos y verificados (Instituto Nacional de Estadística, 2001). En consonancia con Chen et al. (2020) y Chisadza et al. (2022), las superficies de agua adquieren valores positivos y los valores negativos superficies de no-agua. Los valores no convencionales de la Figura 4 señalan los cambios en las reflectancias de imágenes que capturaron las modificaciones a lo largo del tiempo en la presión atmosférica, evaporación, temperatura y la velocidad del viento. En los humedales en estudio, los valores más bajos fueron generados en la clasificación “Arroyo” para imágenes Landsat 4-5TM y la clasificación “Río” en Landsat 8OLI. Mientras que, los valores más altos se generaron en la clasificación “Laguna” para las imágenes Landsat 4-5TM y para imágenes Landsat 8OLI la clasificación “Canal artificial”.

La Figura 2 revela que los valores aumentaron en las clasificaciones de mayor cobertura espacial en estimaciones del índice radiométrico de agua MBWI. Lo anterior señala que, la clasificación con mayor cobertura espacial necesitó un umbral mayor. Sin embargo, la Figura 4 muestra a los cuartiles Q1, Q2 y Q3 confinados en cada clasificación para los valores estimados con el índice radiométrico de agua MBWI. En cambio, los valores de tendencia para estimaciones del índice radiométrico de agua MNDWI decrecen conforme aumenta la cobertura espacial de cada clasificación. Es decir, el umbral decrece con la clasificación de mayor cobertura espacial. Por ejemplo, la clasificación “Canal artificial” necesitó de un umbral mayor que el resto de las clasificaciones para ser delimitado.

Los resultados del análisis de frecuencia mostraron que la función Log-Pearson III fue la que mejor se aproximó a las precipitaciones históricas, con el 95 % de nivel de confianza. En los humedales estudiados las precipitaciones máximas fluctuaron entre los 531 mm y 590 mm. A través del software ArcGIS 10.8.2, las superficies de agua de cada imagen fueron vinculadas a los eventos de máxima precipitación. Posteriormente, las probabilidades de inundación en los humedales “Vigía” y “Tasajera” fueron estimadas mediante el software TerrSet versión 18.3. Las Figuras 5 y 6 muestran las superficies de agua permanente y los resultados de las probabilidades de inundación.

Discusión

El índice radiométrico (MBWI) señalado por Bi et al. (2020) y Wang et al. (2018), es un indicador robusto y eficiente en la delimitación en diferentes tipos de superficies de agua, no obstante para el presente estudio los resultados revelaron que el índice radiométrico de agua MNDWI obtuvo mayor precisión en la delimitación de las superficies de agua.

El humedal “Tasajera” y el resto de los humedales que pertenecen a la Reserva de los Pantanos de Centla, Tabasco no han sido evaluados por los impactos del desarrollo económico, la polución de la cuenca Grijalva y las modificaciones espaciales (Sánchez et al., 2015). Además, los usos del agua no han sido dirigidos hacia la seguridad hídrica y la conservación ecológica (DOF, 2018). Ante estos acontecimientos, la periodicidad de los Trs y la ocurrencia de los eventos hidrometeorológicos han sido modificados en la cuenca baja del RG.

Bajo esta perspectiva, este trabajo relacionó los datos históricos de los eventos de mayor incidencia y la respuesta de las superficies de agua de

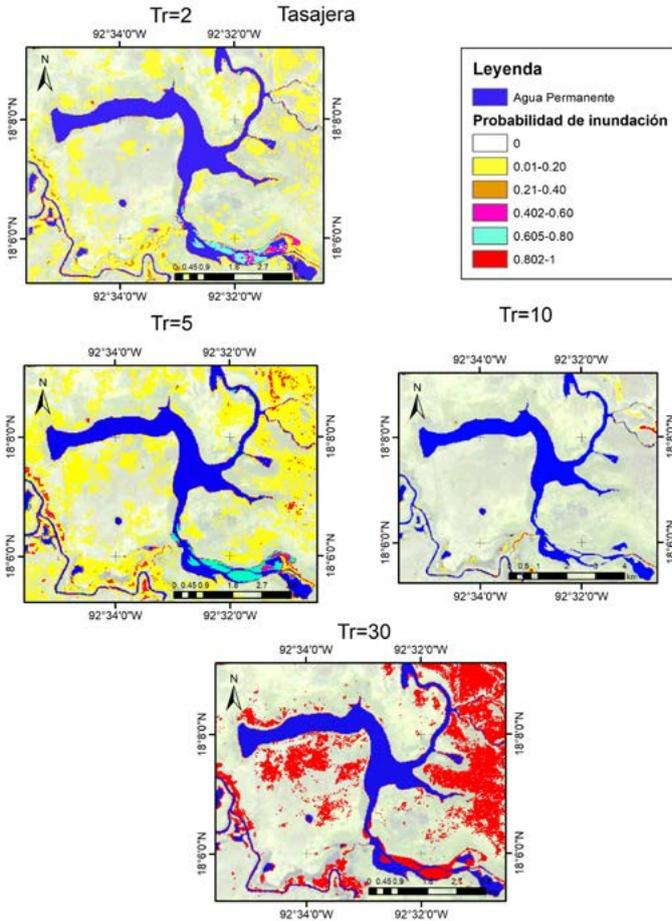


Figura 5. Probabilidades de inundación en Tasajera. Elaboración propia.

los humedales inundables a través de un análisis de frecuencia. Estos resultados fueron integrados para predecir las probabilidades de excedencia; es decir, el riesgo de que se tengan precipitaciones máximas con la misma magnitud o sean excedidas. Los efectos de estos acontecimientos dejaron en evidencia que la presencia de retrocesos y expansiones longitudinales en los humedales estudiados. Las imágenes analizadas mostraron la formación de pantanos estacionales y eventos de inundación con periodos de retorno de 10, 20 y 30 años en “Tasajera”. Mientras que, en el humedal “Vigía” se prolongó hasta 50 años.

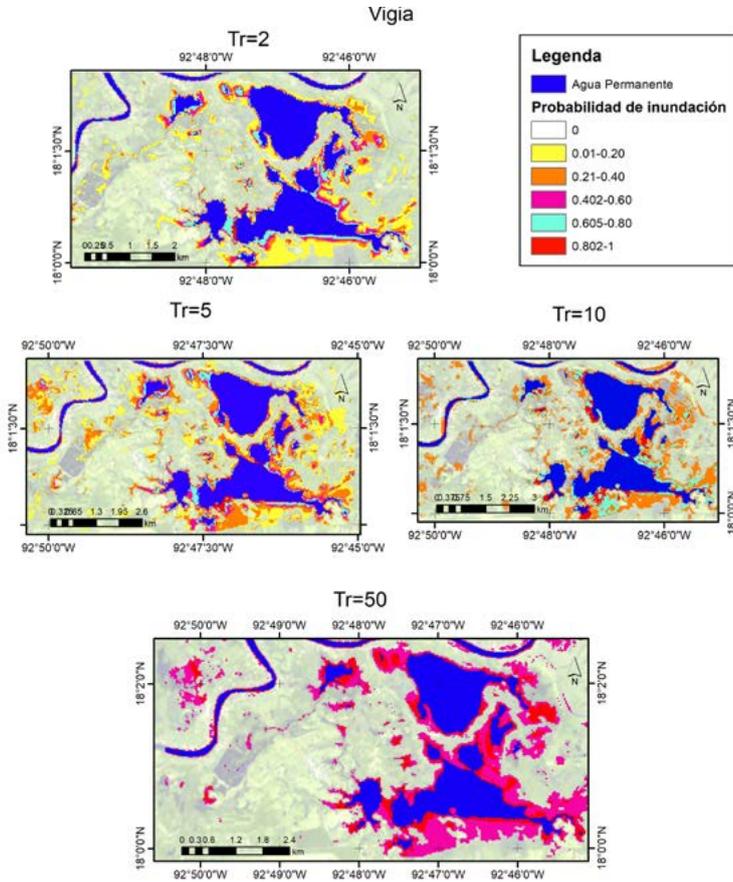


Figura 6. Probabilidades de inundación en Vigía. Elaboración propia

La Figura 5 reveló la evolución de los Trs en el humedal “Tasajera”, a lo largo de los escenarios se observaron la presencia de pantanos estacionales y escasas expansiones longitudinales. Mientras que, en la Figura 6 el desarrollo de los Trs y el comportamiento de las superficies de agua evidenciaron amplias áreas de inundación que generaron conectividad lateral y pantanos estacionales. El humedal “Vigía” localizado en el sistema de ríos

Mezcalapa - Grijalva y cercano a la capital Tabasqueña dejó en evidencia inundaciones severas con un Tr=50 años. Asimismo, la superficie

de agua permanente registró una expansión del 30% en la laguna Vigía. A pesar de lo anterior, en eventos de precipitación máxima el humedal no alcanza a desarrollar intercambios de flujo con el río Grijalva. Este comportamiento demuestra que el humedal “Vigía” posee suelos con bajos índices de permeabilidad y saturados. En cambio, el humedal “Tasajera” ubicado en un área protegida mostró la capacidad de regular el flujo de agua ante aportes de precipitación extraordinarias. Esto demuestra que el humedal ubicado en el área protegida posee suelos con altos índices de permeabilidad. Finalmente, estos resultados en consonancia con Sánchez et al. (2015), Saravanan y Abijith (2022) generan información de sustancial relevancia para los asentamientos humanos localizados en regiones de potencialmente inundables como respuesta de las actividades antropogénicas

Conclusiones

La aplicación de los índices radiométricos de agua MBWI y MNDWI permitieron realizar la estimación de las probabilidades de inundación y el análisis de los mecanismos de retroceso y expansión longitudinal en los humedales “Tasajera” y “Vigía” de la cuenca baja del RG. Especialmente, el índice radiométrico de agua MNDWI mostró mayor susceptibilidad para delimitar las superficies de agua en imágenes Landsat 4-5TM.

El análisis temporal de los aportes por precipitación y la respuesta de las superficies de agua revelaron que, el humedal “Tasajera” del sitio RAMSAR presentó inundaciones en Tr a mediano plazo y probabilidades inferiores a 20% a mediano plazo. Estos resultados pueden señalar la presencia de suelos con altos índices de permeabilidad en “Tasajera”. No obstante, el humedal “Vigía” adyacente al sistema de ríos Mezcalapa-Grijalva presentó eventos de precipitaciones máximas con Tr de largo plazo. Esto significa que, las transformaciones que han ocurrido en el sistema ríos Mezcalapa-Grijalva para el control de sus avenidas con infraestructura hidráulica podrían generar probabilidades de inundación cada 50 años en el humedal “Vigía”.

Este efecto mostró claramente que, los planes y las acciones ejecutadas por el Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT) han logrado atenuar las inundaciones en regiones densamente pobladas y por consiguiente han postergado los Trs. Sin embargo, este escenario interrumpe los procesos de expansión, la conectividad hidrológica, el intercambio del flujo, la generación de pantanos estacionales que, de manera conjunta crean características del medio ambiente adecuadas para la pérdida de extensiones

territoriales con humedales. Consecuentemente, estas circunstancias ecológicas inducen a la disminución de los recursos de agua y las condiciones ambientales de sequía en la cuenca baja del RG.

Esta información, es conveniente e inestimable para los pobladores, comercios y el impulso del progreso de la hidrodinámica ecológica. Los pobladores y comerciantes obtendrán las regiones potencialmente vulnerables y de riesgo de inundación que les permitirá evitar núcleos de asentamientos urbanos y económicos en estas regiones. En el caso de los comercios, las empresas aseguradoras demandan evitar regiones vulnerables a inundaciones para hacer válido el seguro por pérdidas económicas ante eventos hidrometeorológicos. En México, se desconocen las necesidades mínimas de los humedales y únicamente son delimitados por un área para fines de conservación. Las características hidrológicas a lo largo del tiempo y las regiones de periodos de inundación permiten estimar la durabilidad y estacionalidad del régimen de inundación. Esta información servirá como apoyo en el desarrollo de la hidrodinámica ecológica en los humedales de México que, de manera conjunta con las regiones protegidas, las figuras de protección establecidas en el marco legal y hábitats o especies que influyen en el régimen de inundación permiten establecer las necesidades mínimas en los humedales para su funcionamiento y oferta de servicios ecosistémicos.

Referencias bibliográficas

- Acharya, T. D., Subedi, A., Huang, H., & Lee, D. H. (2019). Application of Water Indices in Surface Water Change Detection Using Landsat Imagery in Nepal. *Sensors and Materials*, 31(5), 1429. <https://doi.org/10.18494/SAM.2019.2264>
- Andrade - Velázquez, M. y Medrano - Pérez, O. R. (2021). Historical precipitation patterns in the South - Southeast region of Mexico and future projections. *Earth Sciences Research Journal*, 25(1), 69-84.
- Arreguín - Cortés, F. I., Rubio - Gutiérrez, H., Domínguez - Mora, R., & Luna-Cruz, F. de. (2014). Análisis de las inundaciones en la planicie tabasqueña en el periodo 1995-2010. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 5(3), 05-32.
- Ashok, A., Rani, H. P., & Jayakumar, K. V. (2021). Monitoring of dynamic wetland changes using NDVI and NDWI based landsat imagery. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23, 100547. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100547>
- Atay, M. A., & Kaplan, G. (2023). Large - Scale Mapping of Inland Waters with Google Earth Engine Using Remote Sensing. *Environmental Sciences Proceedings*, 25(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/ECWS-7-14171>
- Calleja Apéstegui, F., López-Arias, F., Calleja Apéstegui, F., & López-Arias, F. (2022). Wetland Inventory for Coastal Protection (IHPC): A tool for coastal management in Costa Rica. *Ingeniería*, 32(2), 32-51. <https://doi.org/10.15517/ri.v32i2.49060>
- Cavallo, C., Papa, M. N., Gargiulo, M., Palau-Salvador, G., Vezza, P., & Ruello, G. (2021). Continuous Monitoring of the Flooding Dynamics in the Albufera Wetland (Spain) by Landsat-8 and Sentinel-2 Datasets. *Remote Sensing*, 13(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/rs13173525>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2018). 100 Años de Conservación en México (SEMARNAT-CO-NANP). <http://www.gob.mx/conanp/documentos/libro-100-anos-de-conservacion>
- Comisión Nacional del Agua. (2018). Atlas de Agua en México. <https://agua.org.mx/biblioteca/atlas-de-agua-en-mexico/>

- Comisión Nacional del Agua. (2019). Estadística del Agua en México 2018. <https://www.gob.mx/conagua>
- D. Nandi, R. Chowdhury, J. Mohapatia, K. Mohanta, & D. Ray. (2018). Automatic Delineation of Water Bodies Using Multiple Spectral Indices. 4(4), 16.
- DOF. (2018). DOF - Diario Oficial de la Federación. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5518766&fecha=10/04/2018
- DOF, D. (2018). Acuerdo por el que se dan a conocer los resultados del estudio técnico de las aguas nacionales superficiales. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5518766&fecha=10/04/2018#gsc.tab=0
- Donnelly, J. P., Naugle, D. E., Collins, D. P., Dugger, B. D., Allred, B. W., Tack, J. D., & Dreitz, V. J. (2019). Synchronizing conservation to seasonal wetland hydrology and waterbird migration in semi-arid landscapes. *Ecosphere*, 10(6), e02758. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2758>
- Geografía (INEGI), I. N. de E. y. (2019). Mapas. Climatológicos. <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/default.html#Mapa>
- Gómez, J., Aparicio, J., & Patiño, C. (2010). Manual de análisis de frecuencias en hidrología (Primera edición). Colecciones Manuales.
- Gu, X., Ye, L., Xin, Q., Zhang, C., Zeng, F., Nerantzaki, S. D., & Papalexiou, S. M. (2022). Extreme Precipitation in China: A Review. *Advances in Water Resources*, 104144.
- Haan, C. T. (1977). *Statistical methods in hydrology*: Ames. Iowa: University, Press/Ames.
- Huang, C., Chen, Y., Zhang, S., & Wu, J. (2018). Detecting, Extracting, and Monitoring Surface Water From Space Using Optical Sensors: A Review. *Reviews of Geophysics*, 56(2), 333–360. <https://doi.org/10.1029/2018RG000598>
- Instituto Nacional de Estadística, G. e I. (Mexico). (2001). Diccionario de datos de hidrología superficial: (Alfanumérico) : sistema nacional de información geográfica. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Ji, L., Zhang, L., & Wylie, B. (2009). Analysis of Dynamic Thresholds for the Normalized Difference Water Index. *Photo-grammetric*

- Engineering & Remote Sensing, 75(11), 1307–1317. <https://doi.org/10.14358/PERS.75.11.1307>
- Lefebvre, G., Redmond, L., Germain, C., Palazzi, E., Terzago, S., Willm, L., & Poulin, B. (2019). Predicting the vulnerability of seasonally-flooded wetlands to climate change across the Mediterranean Basin. *Science of The Total Environment*, 692, 546–555. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.263>
- Liu, Y., Wen, Y., Zhao, Y., & Hu, H. (2022). Analysis of Drought and Flood Variations on a 200-Year Scale Based on Historical Environmental Information in Western China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052771>
- Mukherjee, K., & Pal, S. (2021). Hydrological and landscape dynamics of floodplain wetlands of the Diara region, Eastern India. *Ecological Indicators*, 121, 106961. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106961>
- Musalem-Castillejos, K., Laino-Guanes, R., Bello-Mendoza, R., González-Espinoza, M., & Ramírez-Marcial, N. (2018). Water quality of the Grijalva river in the Chiapas and Tabasco border. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(13), 55. <https://doi.org/10.19136/era.a5n13.1334>
- Pekel, J.-F., Cottam, A., Gorelick, N., & Belward, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540(7633), Article 7633. <https://doi.org/10.1038/nature20584>
- Petsch, D. K., Cionek, V. de M., Thomaz, S. M., & dos Santos, N. C. L. (2023). Ecosystem services provided by river-floodplain ecosystems. *Hydrobiologia*, 850(12), 2563–2584. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04916-7>
- Qi, Y., Dou, H., & Wang, Z. (2022). An Adaptive Threshold Selected Method from Remote Sensing Image based on Water Index. *Journal of Physics: Conference Series*, 2228(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2228/1/012001>
- Quesada-Román, A., & Mora-Vega, A. (2017). Impactos ambientales y variabilidad climática en el humedal de San Vito, Coto Brus, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(1), Article 1. <https://doi.org/10.15359/rca.51-1.2>

- Sánchez, A. J., Salcedo, M. Á., Florido, R., Mendoza, J. de D., & Ruiz-Carrera, V. (2015). Ciclos de inundación y conservación de servicios ambientales en la cuenca baja de los ríos Grijalva-Usumacinta. *ContactoS*, 97, 5–17.
- Sandoval-Rivera, J. P., Sáenz-Arroyo, A., Alcérreca-Huerta, J. C., Rodiles-Hernández, R., Sandoval-Rivera, J. P., Sáenz-Arroyo, A., Alcérreca-Huerta, J. C., & Rodiles-Hernández, R. (2022). Impacto histórico de la deforestación y la modificación de los ríos en la morfología de la costa del sur del Golfo de México. *Revista de Historia (Concepción)*, 29(1), 150–181. <https://doi.org/10.29393/rh29-6ihjr40006>
- Thompson, J. R., Clilverd, H. M., Zheng, J., Irvani, H., Sayer, C. D., Heppell, C. M., & Axmacher, J. C. (2023). Revisiting hydro-ecological impacts of climate change on a restored floodplain wetland via hydrological / hydraulic modelling and the UK Climate Projections 2018 scenarios. *Wetlands*, 43(6), 71. <https://doi.org/10.1007/s13157-023-01708-0>
- Thornton, M. M., Shrestha, R., Wei, Y., Thornton, P. E., Kao, S.-C., & Wilson, B. E. (2020). Daymet: Daily Surface Weather Data on a 1-km Grid for North America, Version 4. ORNL DAAC. <https://doi.org/10.3334/ORNLDAAC/1840>
- Tian, P., Cao, L., Li, J., Pu, R., Shi, X., Wang, L., Liu, R., Xu, H., Tong, C., Zhou, Z., & Shao, S. (2019). Landscape Grain Effect in Yancheng Coastal Wetland and Its Response to Landscape Changes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/ijer-ph16122225>
- United States Geology Survey. (2022). EarthExplorer [EarthExplorer]. EarthExplorer. <https://earthexplorer.usgs.gov/> Upadhyay, P., & Patel, J. N. (2022). Delineation of flood risk zones in Jodhpur District, Rajasthan, India using remote sensing, GIS and multi-criteria decision making techniques. *International Journal of Hydrology Science and Technology*, 14(4), 406–420. <https://doi.org/10.1504/IJHST.2022.126429>
- Wang, X., Xie, S., Zhang, X., Chen, C., Guo, H., Du, J., & Duan, Z. (2018). A robust Multi-Band Water Index (MBWI) for automated extraction of surface water from Landsat 8 OLI imagery. *International Journal of Applied Earth Observation*

- and *Geoinformation*, 68, 73–91. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.01.018>
- Yang, X., Tong, R., Ma, L., Li, J., Wang, S., & Tian, L. (2022). Monitoring water color anomaly of lakes based on an integrated method using Landsat-8 OLI images. *International Journal of Digital Earth*, 15(1), 1567–1587. <https://doi.org/10.1080/17538947.2022.2122609>
- Yu, H., Li, L., Zhu, W., Piao, D., Cui, G., Kim, M., Jeon, S. W., & Lee, W.-K. (2019). Drought monitoring of the wetland in the Tumen River Basin between 1991 and 2016 using Landsat TM/ETM+. *International Journal of Remote Sensing*, 40(4), 1445–1459. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1524604>
- Zhang, F., Li, J., Zhang, B., Shen, Q., Ye, H., Wang, S., & Lu, Z. (2018). A simple automated dynamic threshold extraction method for the classification of large water bodies from landsat-8 OLI water index images. *International Journal of Remote Sensing*, 39(11), 3429–3451. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1444292>
- Zheng, J. Y., Zhang, X. Z., Liu, Y., & Hao, Z. X. (2020). The assessment on hydroclimatic changes of different regions in China at multi-scale during the past millennium. *Acta Geogr. Sin*, 75, 1432–1450.
- Zhu, W., Huang, L., Sun, N., Chen, J., & Pang, S. (2020). Landsat 8-observed water quality and its coupled environmental factors for urban scenery lakes: A case study of West Lake. *Water Environment Research*, 92(2), 255–265. <https://doi.org/10.1002/wer.1240>

Tendencias climáticas estacionales de sitios urbanizados de 1992-2010 en el Valle de México

Martín José Montero-Martínez^{1} y Mercedes Andrade-Velázquez²*

Resumen

El presente estudio se enfoca en analizar el comportamiento de las tendencias de temperatura máxima y mínima de precipitación y de al menos quince índices climáticos (dependientes de estas variables) en diez localidades que se urbanizaron durante el periodo 1992 a 2010 en la cuenca del Valle de México. Los datos de las estaciones climáticas de la región son procesados con un análisis de calidad y homogenización usando el algoritmo Climatol. Posteriormente, se realizan diferentes pruebas estadísticas para calcular las pendientes de variables (temperatura y precipitación) e índices climáticos, y eliminar el problema de la correlación serial de los datos climáticos. Finalmente, se comparan las pendientes de las variables e índices climáticos en los periodos 1951-1990 (antes de la urbanización de los sitios) versus 1991-2010 (durante o posterior a la urbanización) para analizar los potenciales impactos de la urbanización (por el cambio de uso de suelo) en la región.

Se encuentra que la precipitación es monzónica para las diez estaciones en el periodo antiguo, pero cuatro de ellas cambian drásticamente en su patrón de lluvias de verano hacia el periodo más reciente. El análisis del ciclo anual y de los mapas de calor muestra que la temperatura se incrementa para todos los meses y todas las estaciones analizadas, en algunos casos hasta valores mayores a 1°C. Para los índices climáticos, se encuentran tendencias positivas para los índices SU, TXgt50p, TX90p, TXx, TNn, TMm, TNm, WSDI5 y GDDgrow10; y negativas para los índices FD, TX10p, TN10p, CSDI5 y HDDheat18; lo cual está en correspondencia con tendencias obtenidas a nivel global y regional. El estudio respalda la idea de que el comportamiento observado se debe más al calentamiento global que a los efectos locales de urbanización.

Palabras clave: índices climáticos, tendencias climáticas, homogenización, urbanización.

1 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Subcoordinación de Eventos Extremos y Cambio Climático. martin_montero@tlaloc.imta.mx

*Autor de Correspondencia

2 CONAHCYT Centro de Cambio Global y la Sustentabilidad, A.C. mercedes.andrade@ccgs.mx

Introducción

Actualmente, el calentamiento global es una preocupación mundial, ya que reducir las emisiones de gases de efecto invernadero ha demostrado ser una tarea difícil. Es alarmante la posibilidad de que no se pueda alcanzar el límite propuesto por el Acuerdo de París de 1.5°C para 2030, según el último informe del IPCC (IPCC, 2022). Los efectos del cambio climático se sienten en todo el mundo, especialmente en las ciudades, que son hogar de una gran cantidad de personas. Se espera que para 2050 dos tercios de la población mundial vivan en áreas urbanas, según Agathan-gelidis et al. (2019). Por lo tanto, es importante estudiar los cambios en las variables climáticas y cómo afectan a las ciudades, ya que el cambio climático aumenta el estrés por calor, aunque no en la misma medida, debido a los microclimas urbanos (Del Serrone et al., 2022).

Los efectos de la isla de calor se sienten en la comodidad de las ciudades, y las poblaciones más vulnerables son los adultos mayores y los niños. Las tendencias de las variables históricas permiten determinar los efectos del calentamiento global y diferenciar entre los escenarios de cambio climático (Andrade-Velázquez y Montero-Martínez, 2023). Además, la determinación de los índices climáticos de sectores específicos (SCI) de la Comisión de Tiempo, Clima, Agua y su relación con servicios ambientales y aplicaciones (SERCOM) nos orienta en la cuantificación de los eventos extremos que se registran tanto en áreas urbanas como rurales (Montero-Martínez y Andrade-Velázquez, 2022). Un evento extremo se le puede atribuir a un fenómeno meteorológico o climático que tiene baja probabilidad de ocurrir, pero que sobrepasa el umbral normal. Estos se asocian a olas de calor o frío, altas precipitaciones, sequías, inundaciones o tormentas severas (Ruiz-Álvarez et al. 2020). Por lo tanto, es crucial determinar las tendencias en los eventos extremos para definir estrategias que permitan enfrentar los efectos de estos eventos derivados del cambio climático.

La Organización Meteorológica Mundial ha desarrollado más de 50 índices para detectar el cambio climático, y algunos de ellos pueden proporcionar información útil para los responsables de tomar decisiones en las ciudades. Dos de estos índices son T_{xx} y T_{nx} , que representan los valores máximos de la temperatura máxima y mínima, respectivamente, y permiten identificar de forma clara cómo ha evolucionado la temperatura a lo largo del tiempo y si su tendencia es constante. Además, el porcentaje de tiempo con temperatura máxima diaria superior al percentil 90 también es un índice importante para tener en cuenta. En las áreas urbanas, la escorrentía ha disminuido significativamente, lo que hace necesario evaluar

los eventos de precipitación extrema mediante el índice R95p que indica la cantidad máxima de días con precipitación superior al percentil 95.

Contar con información climática actualizada es fundamental para fortalecer la adaptación a los efectos del Cambio Climático y del Calentamiento Global, especialmente en el contexto de la urbanización (Cabrera Silva, 2019). Esta información resulta útil en la planificación urbana basada en la naturaleza, con la incorporación de espacios verdes que provean servicios ambientales, permitan mitigar el efecto de isla de calor, purificar el agua y aire, y mantener la estabilidad en el microclima (Barradas et al., 2022).

Los aumentos de temperatura en las zonas urbanas se suman al aumento de la temperatura general debido al calentamiento global, que actualmente alcanza 1.1°C más que en tiempos preindustriales (NASA, 2023), exacerbando los efectos del cambio climático. La tendencia de la temperatura media global es al alza, Andrade-Velázquez et al. (2021) informan de un incremento de alrededor de 0.01°C/ año para el sureste de México, Centroamérica y el Caribe, en línea con Almazouri et al. (2022), que señala una tasa similar para todo México.

En la Cuenca del Valle de México (CVM), Montero-Martínez y Andrade-Velázquez (2022) llevaron a cabo un análisis de 50 índices climáticos relacionados con la temperatura y la precipitación entre 1951 y 2010, encontrando importantes efectos del calentamiento global y la urbanización en la región. El efecto de isla de calor (conocido como UHI por sus siglas en inglés) es característico de las ciudades, en donde se almacena energía por radiación solar en el asfalto, lo que produce un aumento de temperatura durante el día en la zona en comparación con los alrededores (Dissanayake et al., 2019). Este efecto tiene un impacto en los sectores productivos, especialmente en el consumo energético y en la demanda de sistemas de enfriamiento, tal y como señalan Pyrgou et al. (2019).

Además de los graves efectos en la salud que pueden ocasionar las ondas de calor o las temperaturas extremadamente altas, las cuales se han relacionado con altas tasas de mortalidad (Shafiei Shiva et al., 2022), la ciudad de México (CDMX) es una de las 78 ciudades del mundo que sufren el fenómeno de isla de calor, según el informe CEPAL de 2020. El valor de UHI para la CVM, reportado por Vargas y Magaña (2020), oscila entre 1 y 2°C, aunque Montero-Martínez y Andrade-Velázquez informan de un valor más alto de 2.4°C, similar al estudio de Cui y de Foy (2012). En otras partes del mundo se han reportado incrementos de la misma magnitud, como en China, Grecia (Pyrgou et al., 2019) y Nue-

va York. Sin embargo, en Israel, la temperatura ha aumentado hasta 4°C (Shafiei Shiva et al., 2022).

El presente estudio está enfocado en responder a la pregunta: ¿cómo y en qué medida ha cambiado el comportamiento de la precipitación y la temperatura en superficie, así como algunos índices de cambio climático, en diez localidades de la CVM que han sido urbanizadas durante el periodo de 1992 a 2010?

Para llevar a cabo este análisis, se utilizó la base de datos climatológica diaria disponible en la Información Estadística Climatológica del Servicio Meteorológico Nacional para estaciones climáticas cercanas a la CVM. Para asegurar la calidad de los datos, se aplicaron métodos de análisis de calidad y homogenización, lo que permitió obtener series de tiempo confiables y consistentes de precipitación, temperatura máxima y mínima para el periodo 1951-2010. A partir de estas variables, se generaron climogramas de cada estación para tres periodos diferentes: i) 1951-2010, ii) 1951-1990, y iii) 1991-2010, que fueron comparados entre sí. Además, se crearon mapas de calor para cada variable en el periodo completo 1951-2010.

Después de calcular alrededor de 50 índices de cambio climático, se seleccionaron únicamente aquellos que presentaron tendencias estadísticamente significativas en el 50% de las diez estaciones de estudio y cuyo potencial efecto de correlación serial no resultó significativo al calcular las tendencias. En concreto, se analizaron los resultados de 17 índices de cambio climático anuales que cumplían con estas condiciones durante el periodo 1951-2010.

A continuación, se mencionan los detalles del desarrollo de la investigación, se presentan los hallazgos correspondientes a los índices, así como la discusión y conclusiones del mismo.

Zona de estudio

La CVM abarca una extensión de más de 9,738 km² e incluye a la CDMX y a varias regiones de los estados de México, Hidalgo y Tlaxcala (Rodríguez-Tapia y Morales-Novelo, 2013). La CDMX es una de las zonas urbanas más densamente pobladas a nivel mundial, con una población de alrededor de 22 millones de habitantes en un área de 7,850 km² (Rodríguez-Tapia et al., 2020). La cuenca está situada a una altitud de 2,240 metros sobre el nivel del mar (msnm) y está rodeada por montañas con picos que superan los 5,000 msnm (Carrera-Hernández y Gaskin, 2009). La sobreexplotación de los recursos hídricos y la sobrepoblación son dos de los mayores desafíos que enfrenta la región (Rodríguez-Tapia et al., 2020), que contribuye con alrededor de un tercio del Producto Interno Bruto nacional (Rodríguez-Tapia et al., 2020)

Metodología

Para este estudio, se recopiló información climática de 150 estaciones cercanas a la CVM utilizando la base de datos CLICOM del Servicio Meteorológico Nacional. Las variables climáticas estudiadas fueron temperatura máxima (TX), temperatura mínima (TN) y precipitación (PR). El área de estudio, que se muestra en la figura 1, incluye el área principal (en amarillo) y un búfer de 10 km alrededor de la misma (en línea azul). Inicialmente, se utilizaron 150 estaciones, pero se eliminaron aquellas que tenían menos del 30% de los datos para el período de 1951-2010 para garantizar la calidad de los datos, lo que redujo el número de estaciones a 90. Para obtener series de tiempo de alta calidad, las estaciones climáticas cercanas a la CVM se sometieron a métodos de análisis de calidad de datos y homogeneización. Posteriormente, se analizaron cerca de 50 índices de cambio climático, de los cuales solo se consideraron los resultados de aquellos índices que resultaron con tendencias estadísticamente significativas para al menos el 50% de las diez estaciones de estudio, y cuyo potencial efecto de correlación serial no resultó significativo en el cálculo de las tendencias. Se presentan los resultados de 17 índices de cambio climático anuales que cumplieron con la condición anterior durante el periodo 1951-2010.

Los detalles metodológicos se describen en Montero-Martínez y Andrade-Velázquez (2022), pero se destacan los aspectos más importantes aquí. Trabajar con datos climatológicos aproximados presenta uno de los principales desafíos: pueden estar influenciados por factores no climáti-

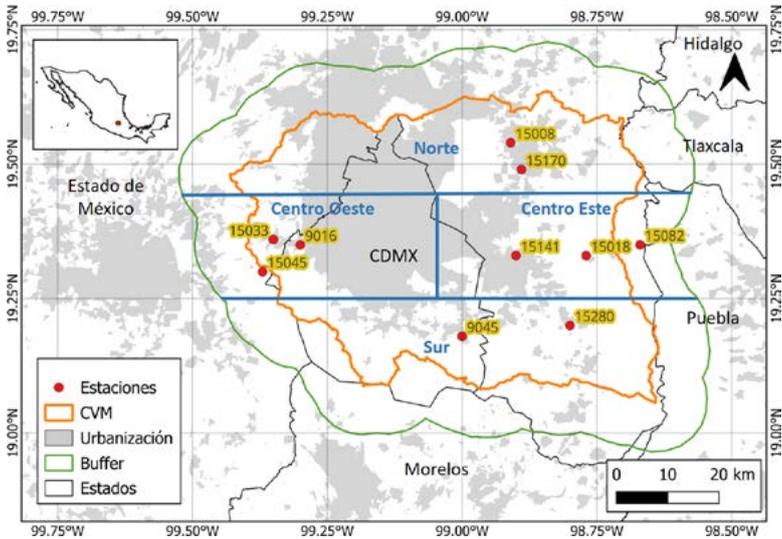


Figura 1. Delimitación de las cuatro zonas de estudio (en azul) del presente trabajo, con los límites de la CVM y de un búfer de 10 km alrededor de ésta. Se adjunta la ubicación de las diez estaciones suburbanas (puntos rojos) pertenecientes a la base de datos Clicom del Servicio Meteorológico Nacional.

cos, como errores de medición, cambios en la instrumentación o alteraciones en el entorno de la estación. Estos cambios, conocidos como inhomogeneidades, pueden oscurecer cambios genuinos en el clima y llevar a conclusiones incorrectas en estudios de series climáticas.

Análisis de calidad y homogenización de datos usando Climatol

Las observaciones meteorológicas son importantes para estudiar la variabilidad del clima, pero pueden verse influenciadas por factores no climáticos, como errores de medición, cambios en el equipo o variaciones en los alrededores de la estación. Estos factores pueden crear falta de homogeneidad en los datos, lo que puede enmascarar fluctuaciones climáticas genuinas y llevar a conclusiones inexactas al analizar los datos climáticos.

Para abordar este problema, se utilizó el software Climatol (Guijarro, 2021), versión 3.1.1, para realizar el control de calidad, la homogenización y el llenado de los datos faltantes en las bases de datos de 90 estaciones climáticas. Climatol es un paquete del software R que contiene

funciones de relleno de datos ausentes en series climatológicas que sirven para homogeneizar los datos (Mamara et al., 2013; Abahous et al., 2020; Domonkos et al., 2021). Este método ayuda a reducir el impacto de las faltas de homogeneidad en los datos y mejora la precisión del análisis. Este software no solo llena los vacíos en la serie de tiempo causados por las condiciones climáticas, sino que también identifica valores anómalos que podrían haber resultado de errores de medición u otros factores no climáticos.

Climatol emplea la prueba de homogeneidad normal estándar (SNHT por sus siglas en inglés) (Alexandersson, 1986) para verificar la homogeneidad de las series climáticas, y utiliza el método de Paulhus y Kohler para completar las series diarias promediando los datos de las estaciones cercanas y normalizando los datos dividiéndolos por su media, restando las medias o realizando una estandarización completa. De esta forma, si denominamos m_x y s_x a la media y desviación típica de una serie X , tenemos las siguientes opciones de normalización:

- a) Restar la media: $x = X - m_x$
- b) Dividir por la media: $x = X / m_x$
- c) Estandarizar: $x = (X - m_x) / s_x$

El principal desafío de esta metodología radica en la falta de conocimiento sobre las medias (y en el tercer caso, las desviaciones típicas) de las series durante el período de estudio, especialmente cuando estas series no están completas, lo cual es bastante común en bases de datos reales. Para abordar esta situación, Climatol sigue un procedimiento específico; en primer lugar, calcula los valores provisionales de estas medias y desviaciones típicas utilizando los datos disponibles en cada serie. Luego, emplea estos parámetros provisionales para rellenar los datos faltantes en las series. Posteriormente, se recalculan las medias y desviaciones típicas utilizando las series ya completas. Este proceso se repite ajustando los datos inicialmente ausentes, usando los nuevos parámetros obtenidos, hasta que las medias ya no varían cuando se redondean con la precisión inicial de los datos.

$$\hat{y} = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} w_j x_j}{\sum_{j=1}^{j=n} w_j} \quad (1)$$

Una vez que las medias se estabilizan todos los datos se normalizan y se estiman usando la expresión donde es un elemento de datos estimado a partir de los n datos correspondientes más cercanos disponibles en cada paso de tiempo, y w_j es el peso que se les asigna (Guijarro, 2021). El peso w_j proviene de la aplicación de la técnica de Paulhus y Kohler que es utilizada por Climatol (Guijarro, 2021) para interpolar registros de precipitación faltantes en regiones montañosas utilizando el método de la relación normal (Paulhus y Kohler, 1952).

Desde una perspectiva estadística, el modelo de regresión lineal conocido como Eje Mayor Reducido o Regresión Ortogonal, expresado como $\hat{y}=x_i$, es una variante que se ajusta minimizando las distancias perpendiculares de los puntos a la recta (regresión tipo II) en lugar de las distancias verticales (regresión tipo I) que se emplean típicamente (Figura 2). En esta formulación, cuando las series están normalizadas, el modelo adopta la forma $\hat{y}=r*x_i$, donde r representa el coeficiente de correlación entre las series x e y .

Es importante destacar que este tipo de ajuste se basa en la suposición de que la variable independiente x se mide sin error (Sokal y Rohlf, 1969). Sin embargo, esta suposición no se sostiene cuando ambas series corresponden a datos climáticos, ya que pueden existir incertidumbres y errores en las mediciones.

Las series que se obtienen mediante estimaciones a partir de otras sirven como puntos de referencia para sus respectivas series observadas. El siguiente paso consiste en calcular las series de anomalías restando los valores estimados de los valores observados (siempre de manera normalizada). Estas series de anomalías tienen varios propósitos:

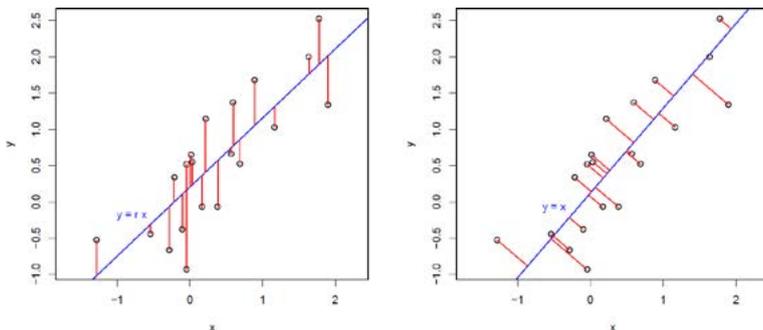


Figura 2. En rojo, desviaciones de la recta de regresión lineal (azul) minimizadas por mínimos cuadrados en los tipos I (izquierda) y II (derecha). Fuente: Guijarro (2021).

1. Controlar la calidad de las series y eliminar aquellas anomalías que superen un umbral predefinido.

2. Verificar la homogeneidad de las series mediante la aplicación del SNHT (Alexandersson, 1986). Cuando los valores máximos del SNHT de las series superan un umbral predefinido, se procede a dividir la serie en dos partes en el punto de máximo SNHT. Los datos anteriores al cambio se asignan a una nueva serie que se agrega a las demás con las mismas coordenadas, pero se le agrega un sufijo numérico al código y al nombre de la estación. Este procedimiento se repite de manera iterativa, dividiendo solo las series con los valores SNHT más altos en cada ciclo, hasta que no se encuentren más inhomogeneidades.

Además, dado que SNTH es una prueba diseñada originalmente para detectar un solo punto de ruptura en una serie, si existen dos o más cambios en la media de un tamaño similar, los resultados pueden enmascarse. Para abordar este problema, en una primera fase se aplica SNTH a ventanas temporales solapadas y luego, en una segunda fase, se aplica SNHT a las series completas, ya que la prueba tiene mayor poder de detección en este punto.

Finalmente, en una tercera fase, se rellenan todos los datos faltantes en todas las series y subseries homogéneas utilizando el mismo procedimiento de estimación de datos explicado anteriormente. Por lo tanto, aunque la metodología subyacente del programa es simple, su operación se vuelve complicada debido a una serie de procesos iterativos anidados, como se muestra en el diagrama de flujo presentado en la Figura 3.

Mayores detalles de cómo aplicar la metodología arriba mencionada se pueden encontrar en Guijarro (2021).

Clasificación de estaciones climáticas de acuerdo a datos de cobertura vegetal

Al finalizar el proceso de homogenización se obtuvieron las bases de datos diarias de las variables precipitación, temperatura máxima y mínima para las 90 estaciones mencionadas, lo que permitió asegurar la calidad y fiabilidad de los datos para su posterior análisis.

Después de la homogenización de las bases de datos diarias de las variables de precipitación, temperatura máxima y mínima para las 90 estaciones mencionadas, se utilizó la información de las coordenadas de las estaciones climáticas para clasificarlas en diferentes categorías de cober-

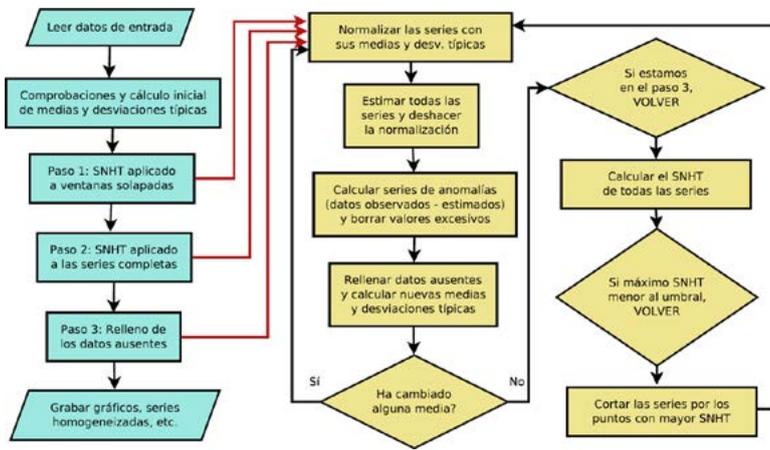


Figura 3. Diagrama de flujo del funcionamiento de Climatol, mostrando sus procesos iterativos. Fuente: Guijarro (2018).

tura vegetal utilizando los datos del Land Cover Climate Change (LC-CCI) de la Agencia Espacial Europea. El proceso fue sencillo: se tomaron los datos del LC-CCI para los años 1992 y 2010 y se clasificaron como “urbanas” aquellas estaciones que tuvieron valores de cobertura vegetal de suelo urbano (clasificada por el valor de 190 en esa base de datos) en ambos años, como “rurales” aquellas que tuvieron un valor diferente a 190 en ambos años, y como “suburbanas” aquellas que cambiaron de algún número diferente a 190 en 1992 a 190 en 2010. En este trabajo se analizaron las diez estaciones suburbanas que experimentaron cambios en la cobertura del suelo, según se puede apreciar en la tabla 1 y la figura 1. Es importante destacar que no hubo ninguna estación que tuviera el valor de 190 en 1992 y que haya cambiado a algún otro valor diferente a 190 en el 2010. Además, se puede cotejar el cambio de cobertura de suelo que experimentó cada localidad con la información de la tabla 2 de acuerdo con la información del LC-CCI.

Cálculo y análisis de los índices de cambio climático

La base de datos homogeneizada se utilizó como valores de entrada para el software ClimPACT2 y se calcularon un conjunto de 50 índices anuales de extremos climáticos diarios (Montero-Martínez y Andrade-Velázquez, 2022).

Para realizar el análisis de las diez estaciones suburbanas (Figura 1), se dividió la región de estudio en cuatro zonas: i) la zona norte, que incluye las estaciones 15008 y 15170; ii) la zona centro-oeste, con las estaciones 15045, 15033 y 9016; iii) la zona centro-este, con las estaciones 15141, 15018 y 15082; y iv) la zona sur, con las estaciones 9045 y 15280.

En el análisis de datos de series temporales es recomendable utilizar métodos no paramétricos en lugar de asumir la normalidad. La prueba de Mann-Kendall, también conocida como prueba M-K, es un método no paramétrico ampliamente utilizado y confiable para identificar tendencias estadísticas pero los registros no deben mostrar persistencia (Kendall, 1948; Lehmann y D'Abbrera, 1975). Esta prueba se utiliza para determinar si una serie de tiempo presenta una tendencia monótona al alza o a la baja. Su estadístico operativo S_s es la suma de los signos de las diferencias (z) de todas las parejas factibles de formar, por ello su expresión es (Manly, 2001):

$$S_s = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{signo}(x_i - x_j) \quad (2)$$

En la cual $\text{signo}(z)$ es -1 para $z < 0$, 0 para $z = 0$ y +1 para $z > 0$. Para una serie con valores aleatorios se espera que $S_s = 0$, cuya varianza de acuerdo a Hirsch et al., (1993); Machiwal y Jha, (2012) es:

$$\text{Var}(S_s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (3)$$

El estadístico de la prueba es:

$$Z_S = \frac{S_s + m_c}{\sqrt{\text{Var}(S_s)}} \quad (4)$$

En la última ecuación, $m_c = 1$ cuando $S_s < 0$ y $m_c = -1$ para $S_s > 0$. Si el valor absoluto de Z_s es mayor que el valor crítico de la distribución normal estándar, la serie muestra tendencia creciente o decreciente con un nivel de significancia alfa. Para $\alpha = 5\%$, el valor crítico es 1.96. La varianza debe corregirse cuando existen datos iguales o la muestra es rechazada (Hirsch et al., 1993).

En el estudio, se aplicó la prueba M-K a cada serie de tiempo de las estaciones climáticas para cada índice de clima extremo, con el fin

de detectar tendencias significativas. Si una serie de tiempo no muestra significación estadística se descarta de los cálculos, mientras que, si una serie de tiempo muestra significancia estadística, se incluye en el cálculo (Figura 4).

Cuando se analizan datos de series de tiempo, es crucial considerar si los datos presentan correlación serial. Esto ocurre cuando el valor de una variable en un momento dado depende de su valor en momentos anteriores. La presencia de correlación serial en los datos de series de tiempo viola la suposición de independencia, lo que puede conducir a resultados incorrectos en el análisis estadístico.

En particular, la correlación serial puede afectar la estimación de parámetros estadísticos, como medias y varianzas, y puede dar como resultado estimaciones sesgadas e ineficientes. Además, al realizar pruebas de hipótesis o construir intervalos de confianza, la correlación serial puede conducir a una sobreestimación del grado de precisión y significancia. Por lo tanto, es esencial tener en cuenta la correlación serial en el análisis de datos de series de tiempo para obtener resultados confiables y precisos.

En este estudio, para evaluar la presencia de correlación serial, se calcularon los coeficientes de correlación serial lag-1 utilizando el mismo enfoque descrito por Patakamuri et al. (2020). Si la serie de tiempo presentaba evidencia de correlación serial, se realizaron pruebas adicionales utilizando las pruebas de Patakamuri, que se explican en la sección siguiente. Sin embargo, si la serie temporal no presentaba correlación serial, se mantuvo como una serie temporal estadísticamente significativa, que luego se utilizó para calcular las tendencias finales, como se muestra en la figura 4. La prueba de tendencia de M-K por sí sola es inadecuada cuando se trata de datos de series de tiempo que presentan correlación serial.

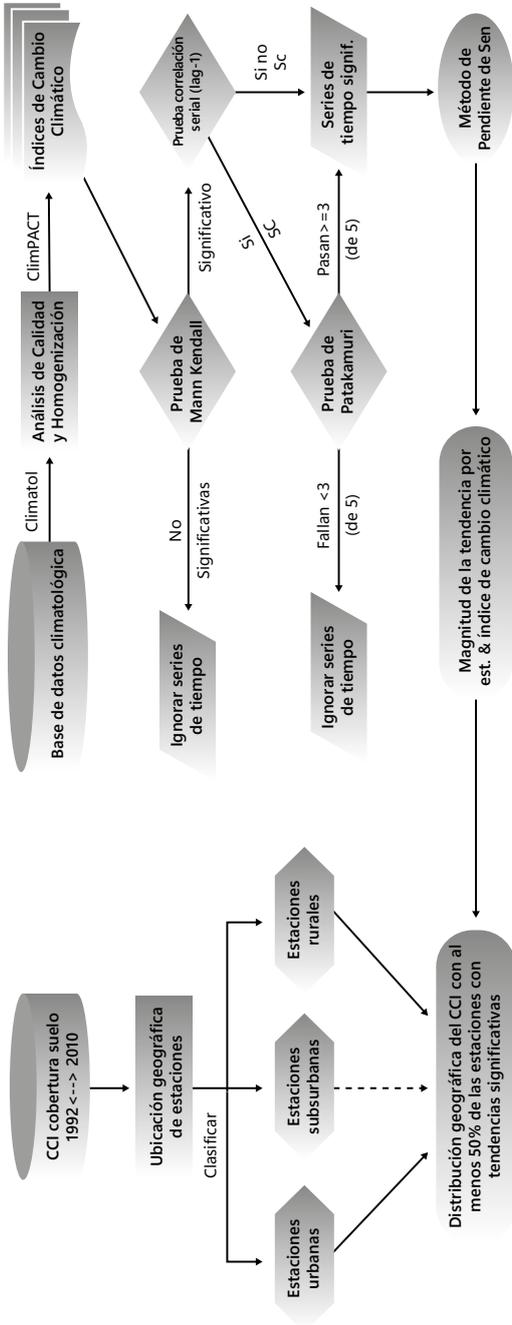


Figura 4. Diagrama de flujo sobre la metodología llevada a cabo en el presente trabajo. Adaptada y traducida de la Figura 1 en Montero-Martínez y Andrade-Velázquez (2022).

LC_1992	LC_2010	Longitud	Latitud	Altura (m)	ID-Estación	Nombre-Estación
70	190	-99.3	19.35	2777	9016	Cuajimalpa
120	190	-99.003	19.179	2595	9045	Santa Ana Tlacotenco
10	190	-98.913	19.544	2245	15008	Atenco
11	190	-98.765	19.325	2900	15018	Colonia Manuel A. Camacho
11	190	-99.351	19.361	2723	15033	Huixquilucan
70	190	-99.369	19.299	2230	15045	La Marquesa
70	190	-98.67	19.353	2977	15082	Rio Frio
11	190	-98.903	19.332	2340	15141	E.T.A. 032 Tlalpit-zahuatl
11	190	-98.886	19.485	2250	15170	Chapingo (Dge)
120	190	-98.803	19.204	2410	15280	Tlalmanalco

Tabla 1. Datos de las diez estaciones suburbanas analizadas en el presente trabajo. Valor de cobertura de suelo en 1992 (LC_1992), de cobertura de suelo en el 2010 (LC_2010), longitud (grados este), latitud (grados norte), identificador de la estación (ID-Estación) y nombre de la misma

Valor	Sistema de Clasificación de Cobertura de Suelo
10,11	Tierras de cultivo, de temporal
70	Cobertura de árboles, hojas aciculares, siempre verdes, cerradas para abrir (>15%)
120	Matorral
190	Áreas urbanas

Tabla 2. Tipo de cobertura de suelo que corresponden a las diez estaciones suburbanas analizadas en el presente trabajo de acuerdo a la base de datos LC-CCI.

En este estudio, se abordó la presencia de correlación serial en datos de series de tiempo utilizando un método que no tiene un enfoque universal. El método empleado se basó en cinco pruebas estadísticas descritas por Patakamuri et al., (2020): i) la prueba de M-K de preblanqueamiento (Von Storch y Navarra, 1995); ii) la prueba de M-K de preblanqueamiento sin tendencia (Yue et al., 2002); iii) la corrección de sesgo aplicada al preblanqueamiento (Hamed, 2009); iv) el enfoque de corrección de varianza sugerido por Hamed y Ramachandra (1998); y v) el enfoque de corrección de varianza sugerido por Yue y Wang (2004). Si al menos tres de estas pruebas produjeron resultados estadísticamente significativos con al menos un 95 % de confianza, la serie temporal se consideró significativa y se incluyó en cálculos posteriores. Por otro lado, si menos de tres pruebas eran significativas, la serie temporal se consideraba no significativa y se excluía de los cálculos posteriores.

Para determinar el grado de alteración de los índices climáticos extremos, se utilizó la pendiente de Sen como método. Este método no paramétrico supone una tendencia lineal en la serie temporal y utiliza un modelo lineal para evaluar la pendiente de la tendencia (Sen, 1968; Kumar et al., 2017). La pendiente de Sen es ampliamente utilizada para examinar series temporales hidrometeorológicas (Fonseca et al., 2016). La tabla 3 muestra los índices climáticos extremos evaluados mediante este método.

Finalmente, se examinaron alrededor de 50 índices relacionados con el cambio climático, pero solo se tomaron en cuenta los resultados de aquellos índices que mostraron tendencias estadísticamente significativas para al menos el 50% de las diez estaciones de estudio y cuyo efecto de correlación serial no resultó significativo en el cálculo de las tendencias. En este sentido, se muestran los resultados de 17 índices anuales de cambio climático (Tabla 3) que cumplieron con estas condiciones durante el período comprendido entre 1951 y 2010.

Resultados

Con las series climáticas homogenizadas para las diez estaciones suburbanas, se analizó la evolución climática en los períodos 1951-1990 vs 1991-2010 a través de climogramas de precipitación y temperatura media.

Nombre corto	Nombre largo	Definición
FD	Días congelados	Número de días cuando $TN < 0^{\circ}C$
SU	Días de verano	Número de días cuando $TX > 25^{\circ}C$
TX10p	Número de días fríos	Porcentaje de días cuando $TX < 10$ percentil
TXgt50p	Fracción de días con temperatura arriba del promedio	Porcentaje de días cuando $TX > 50$ percentil
TN10p	Número de noches frías	Porcentaje de días cuando $TN < 10$ percentil
TX90p	Número de días calientes	Porcentaje de días cuando $TX > 90$ percentil
TN90p	Número de noches cálidas	Porcentaje de días cuando $TN > 90$ percentil
TXx	Máximo de TX	El día más cálido de TX
TNn	Mínimo de TN	El día más frío de TN
TMm	Media de TM	Temperatura media diaria promedio
TNm	Media de TN	Temperatura mínima diaria promedio
CSDI5	Índice de duración de ola de frío de al menos 5 días	Número anual de días que contribuyen a eventos de 5 o más días consecutivos que experimentan $TN < 10$ percentil
WSDI5	Índice de duración de ola de calor de al menos 5 días	Número anual de días que contribuyen a eventos de 5 o más días consecutivos que experimentan $TX > 90$ percentil
HDDheat18	Suma anual de $18 - TM$	Una medida de la demanda de energía necesitada para calentar un edificio

Nombre corto	Nombre largo	Definición
GDD_{grow10}	Suma anual de TM - 10	Una medida de la acumulación de calor para predecir la razón de desarrollo de plantas y animales
CWD	Días húmedos consecutivos	Máximo número de días húmedos consecutivos (PR \geq 1.0 mm)
PRCPTOT	Total anual de días húmedos PR	Suma diaria de PR \geq 1.0 mm

Tabla 3. Nombre corto, largo y definición de los 17 índices de cambio climático analizados en el presente estudio. Los índices están definidos en términos de temperatura máxima (TX), temperatura mínima (TN), temperatura media (TM) y precipitación (PR).

En la zona norte (Figura 5), las dos estaciones presentaron un perfil de precipitación típica monzónica para ambos periodos, con lluvias máximas en verano y mínimas en invierno. Sin embargo, ambas estaciones (la 15008 y la 15170) mostraron una disminución de la precipitación en los meses de inicio de la temporada de lluvias (mayo y junio), y un aumento en las lluvias de mediados de verano (julio y agosto) respectivamente. En cuanto a la temperatura media, las dos estaciones tuvieron su máximo de temperatura en mayo para ambos periodos analizados y mínimas en invierno (diciembre o enero). La temperatura aumentó invariablemente para todos los meses del año, lo cual no es sorprendente debido a la influencia del calentamiento global y la urbanización en estas localidades (isla de calor). El aumento de temperatura fue mayor en los meses de invierno (hasta casi 1.8°C). Las temperaturas de julio y agosto fueron muy similares, con un calentamiento cercano a 1°C para ambas estaciones.

En la zona sur (Figura 6), ambas estaciones presentaron un perfil monzónico de precipitación en el periodo antiguo, con el máximo de precipitación en julio. Sin embargo, hubo un cambio drástico en el periodo reciente, mostrando un perfil similar al de la sequía intraestival, especialmente la estación 15280, que mostró un mínimo relativo en el mes de julio. El máximo de precipitación en el periodo reciente para la estación 9045 fue en septiembre, y el de la 15280 fue en agosto. La temperatura volvió a mostrar un comportamiento similar al de la zona anterior, lo

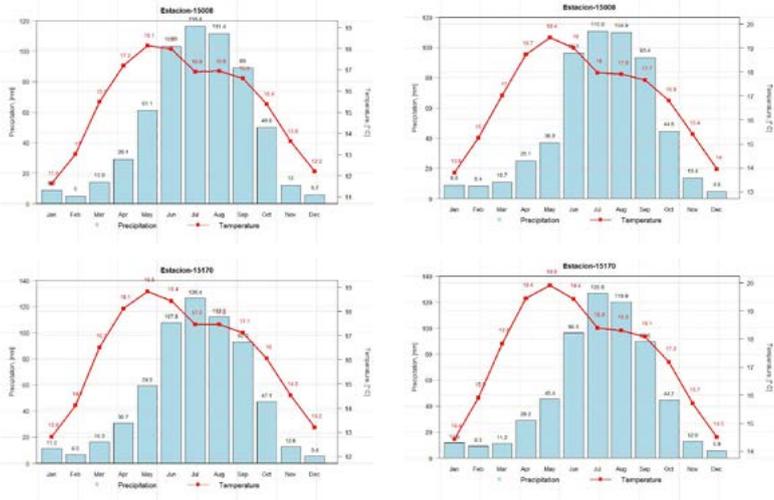


Figura 5. Climogramas de precipitación (mm) y temperatura media (°C) de las estaciones en la zona norte de la CVM en el periodo 1951-1990 (izquierda) y 1991-2010 (derecha).

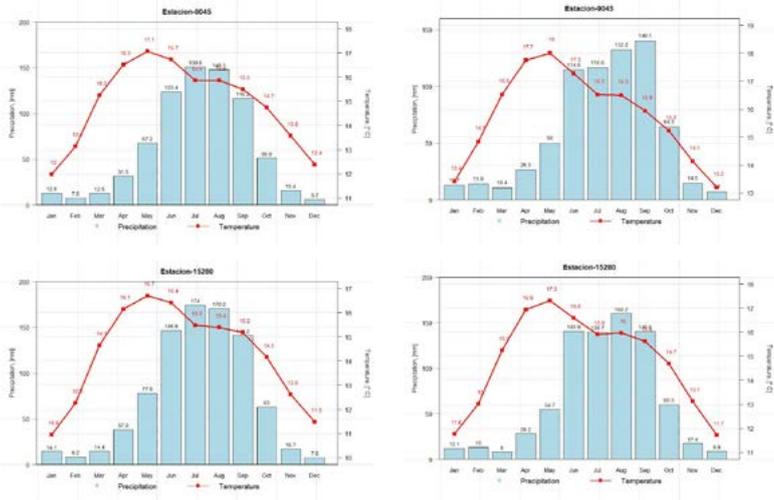


Figura 6. Climogramas de precipitación (mm) y temperatura media (°C) de las estaciones en la zona sur de la CVM en el periodo 1951-1990 (izquierda) y 1991-2010 (derecha).

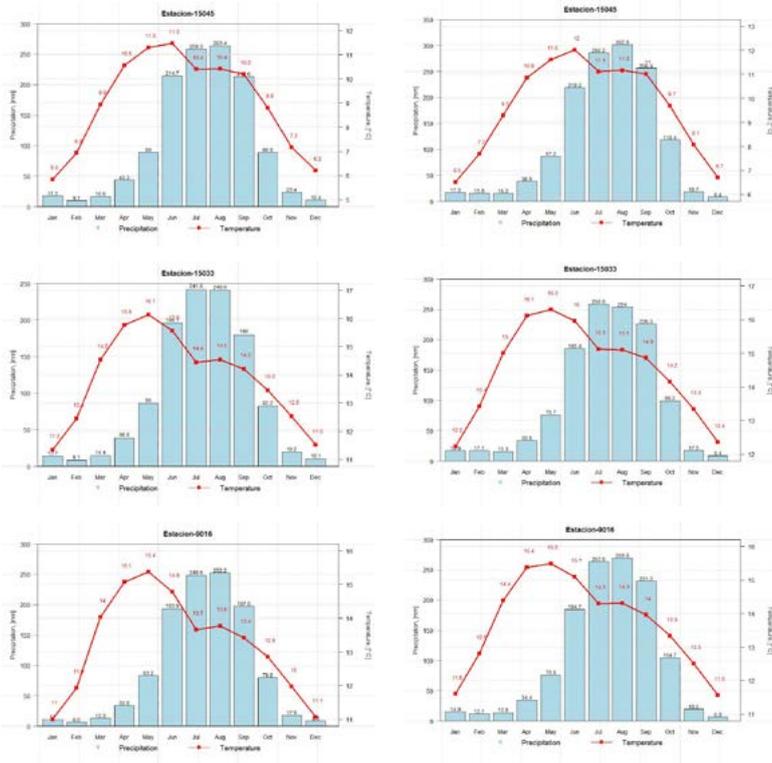


Figura 7. Climogramas de precipitación (mm) y temperatura media (°C) de las estaciones en la zona centro oeste de la CVM en el periodo 1951-1990 (izquierda) y 1991-2010 (derecha).

cuál no es sorprendente dada las propiedades de la variable. La temperatura aumentó para todos los meses, con el máximo de precipitación siempre en el mes de mayo y el mínimo en enero. El máximo calentamiento se dio en el mes de enero con +1.4°C para la estación 9045 y +0.9°C para la 15280.

En la zona centro-oeste (Figura 7), todas las estaciones mantienen un perfil monzónico de precipitación para ambos periodos analizados, aunque se nota un claro aumento hacia el periodo más reciente, especialmente en los meses de verano. En particular, para la estación 15033, es notable que la precipitación de junio era mayor que la de septiembre en el periodo antiguo, pero se invierte en el periodo más reciente. En cuanto a temperatura, las estaciones 15033 y 9033 mantienen su máximo promedio mensual en mayo, mientras que la estación 15045 es la única de las diez estaciones analizadas aquí que tiene su máximo en junio para ambos periodos. Además, es notable que, aunque la temperatura aumenta hacia

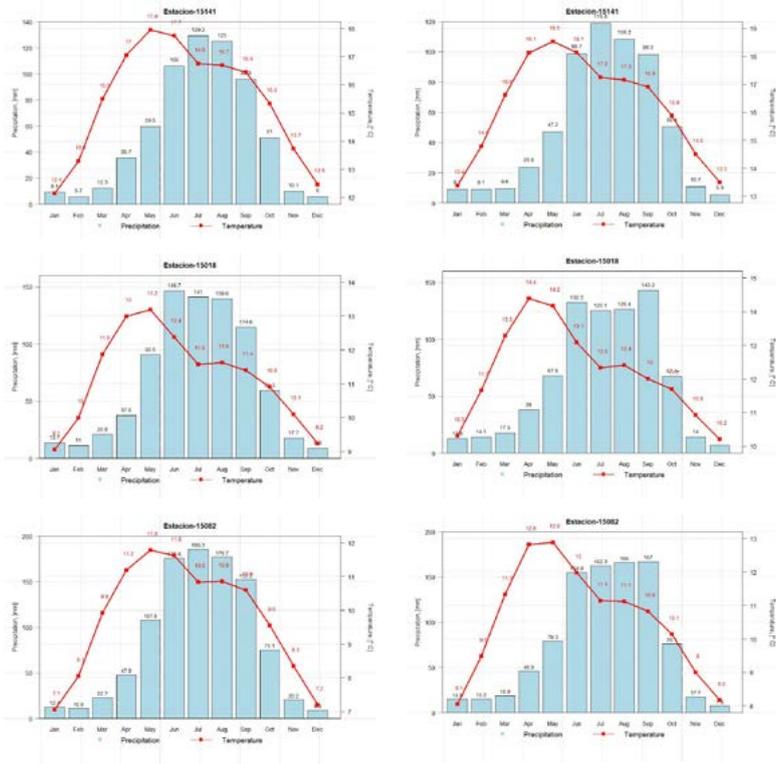


Figura 8. Climogramas de precipitación (mm) y temperatura media (°C) de las estaciones en la zona centro este de la CYM en el periodo 1951-1990 (izquierda) y 1991-2010 (derecha).

el periodo más reciente, su valor de cambio es considerablemente menor que en las dos zonas previamente analizadas (a lo más +0.5°C).

Finalmente, en la zona centro-este (Figura 8), las tres estaciones 15141, 15018 y 15082 presentan un perfil monzónico de precipitación en el periodo antiguo, pero solo la 15141 lo mantiene en el periodo más reciente, ya que las otras dos estaciones cambian su máximo de precipitación al mes de septiembre. Es notable el caso de la estación 15018, donde el perfil cambia a uno típico de sequía intraestival con mínimo relativo en julio. En cuanto a temperatura, hay un aumento para todos los meses del año en las tres estaciones. En el periodo antiguo, las tres estaciones tienen su máximo en mayo, pero en el periodo más reciente, la temperatura de abril aumenta considerablemente con respecto a la de mayo, en particular en la estación 15018, donde aumenta hasta +1.4°C, convirtiéndose en el mes más cálido del año.

Se realizaron mapas de calor para visualizar la evolución temporal de la precipitación, la temperatura máxima

En la Figura 9 se observa claramente la diferencia en los rangos de valores de precipitación entre las estaciones, destacando el registro de más de 800 mm de lluvia en agosto de 2008 en la estación 15045; valor por encima de las otras estaciones. También se destaca el trimestre muy lluvioso de 1954 en las dos estaciones del sur. Se puede notar la diferencia entre los valores de precipitación en la época de lluvias (junio a septiembre) y los meses secos, y la variación interanual de la amplitud de la época de lluvias a lo largo del periodo analizado. En particular, se observa una disminución en la amplitud de la época de lluvias en décadas recientes en estaciones como la 15008 (en el norte) y la 15280 (en el sur). Asimismo, se evidencia una disminución clara en la precipitación de mayo, que marca el inicio de la época de lluvias para la CVM, en estaciones como la 15008, la 15141, la 15018, la 15082 y la 15280 en el periodo más reciente.

En resumen, los mapas de calor permiten observar la variación en la precipitación y la tendencia temporal de la época de lluvias y los meses secos, así como la diferencia en los valores de precipitación entre las estaciones en distintos periodos.

Los mapas de calor de la temperatura máxima (Figura 10) muestran un evidente aumento de las temperaturas máximas en las últimas décadas en cada una de las diez estaciones suburbanas. La mayoría de las estaciones presentan sus temperaturas máximas en el mes de mayo, especialmente las dos estaciones del norte, donde las temperaturas mensuales alcanzaron cerca de 34°C en mayo. Además, se observa que algunas estaciones, como la 15045 y la 9016, presentan temperaturas máximas más homogéneas a lo largo de todos los años.

Por otro lado, en los mapas de calor de la temperatura mínima (Figura 11), no es tan evidente que todas las temperaturas mínimas de todas las estaciones hayan aumentado en las últimas décadas, como se mostró anteriormente para la temperatura máxima. Incluso hay una estación, la 9016, que parece estar más fría en las décadas recientes. Sin embargo, el efecto de calentamiento es notable para el invierno en la gran mayoría de las estaciones. Asimismo, resulta llamativo que el mes más frío registrado en la estación 15141 fue en abril de 1975, que es regularmente un mes muy cálido. Es posible que este efecto se deba a una homogeneización incompleta del algoritmo utilizado (Climatol). También es interesante que ciertas estaciones, como la 15018, la 15045 y la 9045, presentan un periodo de valores mínimos de las temperaturas mínimas en primavera y

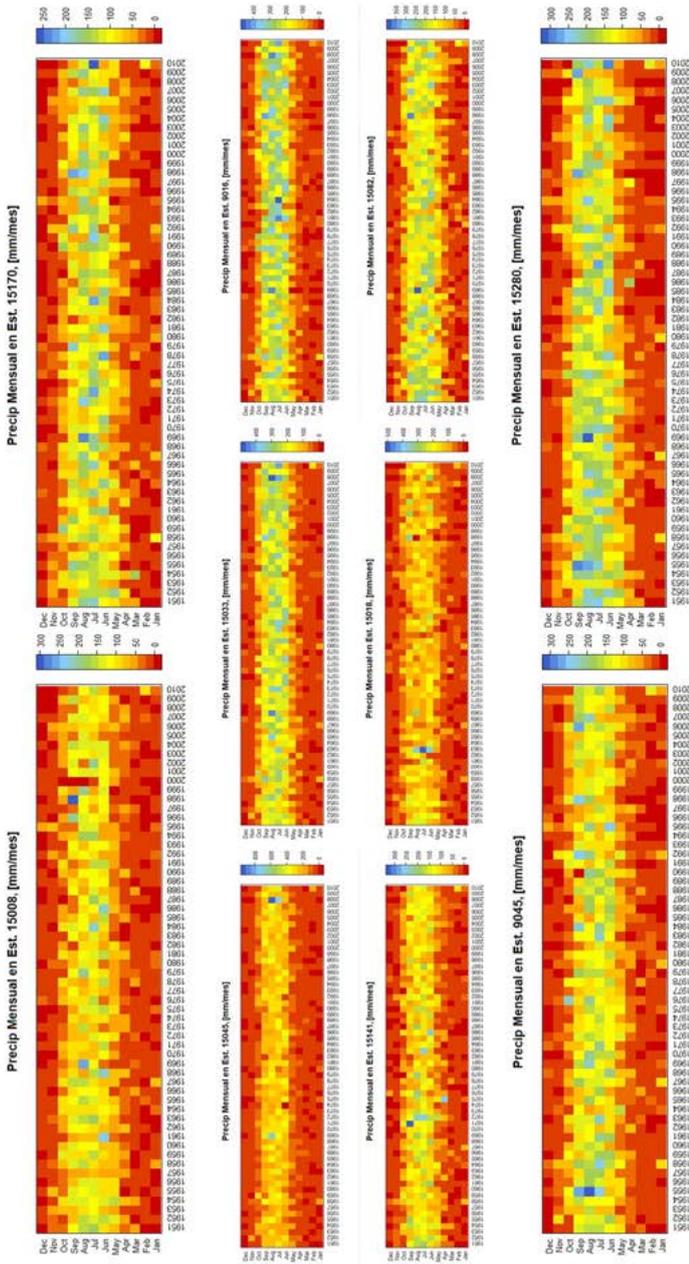


Figura 9. Mapas de calor de precipitación (mm/mes) para las diez estaciones suburbanas de la CVM. Las dos estaciones del norte se encuentran en la parte superior en el primer renglón, las del centro oeste en el segundo renglón, las del centro este en el tercer renglón y las del sur el cuarto renglón.

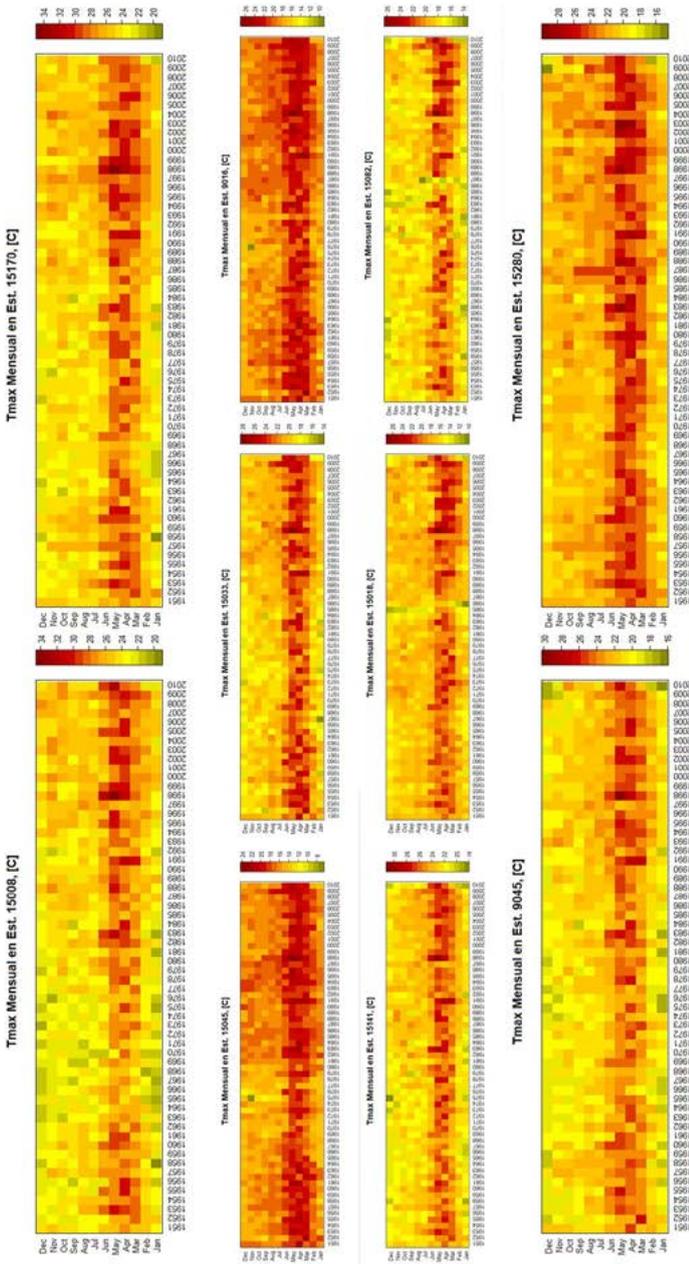


Figura 10. Mapas de calor de temperatura máxima (mm/mes) para las diez estaciones suburbanas de la CYM. Las dos estaciones del norte se encuentran en la parte superior en el primer renglón, las del centro oeste en el segundo renglón, las del centro este en el tercer renglón y las del sur el cuarto renglón.

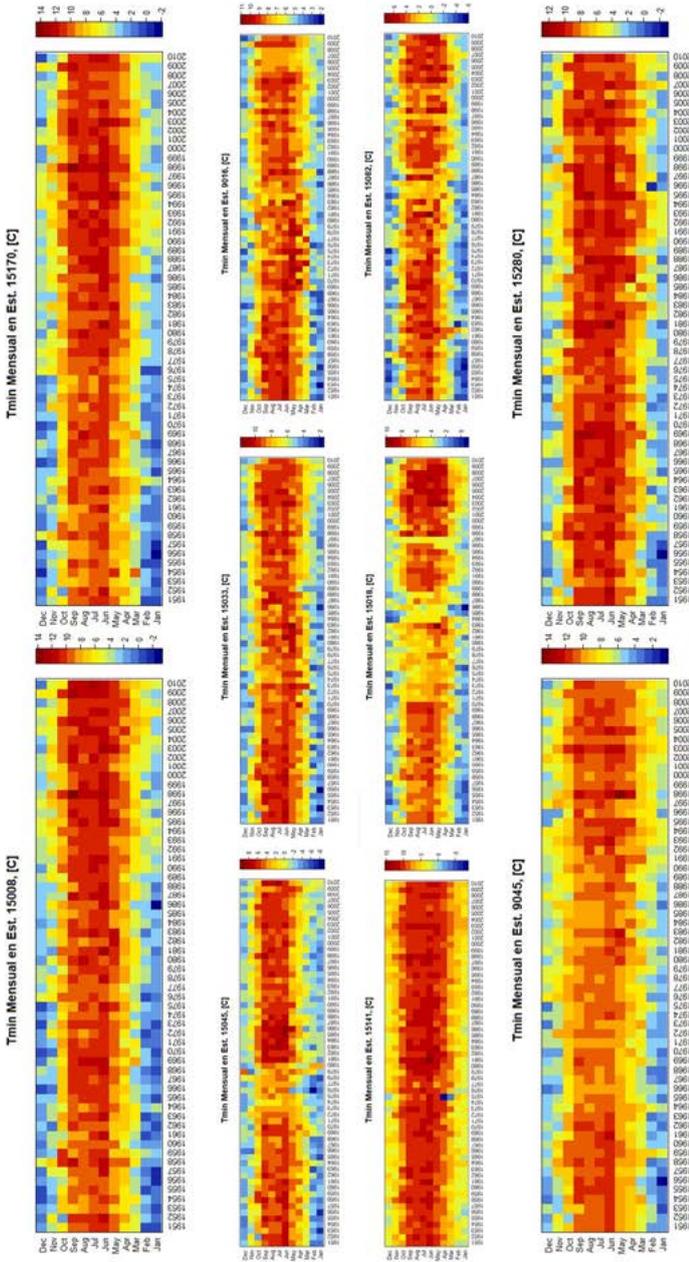


Figura 11. Mapas de calor de temperatura mínima (mm/mes) para las diez estaciones suburbanas de la CVM. Las dos estaciones del norte se encuentran en la parte superior en el primer renglón, las del centro este en el tercer renglón y las del sur el cuarto renglón.

verano alrededor de la década de los 1970, en particular para la última (la 9045), donde el efecto parece extenderse por más de dos décadas.

Después de analizar el comportamiento general de las variables homogeneizadas de las diez estaciones suburbanas, se procederá a analizar los índices climáticos que presentaron tendencias estadísticamente significativas en al menos el 50% del total de estaciones suburbanas. Los valores de tendencia de los índices mencionados para todas las estaciones se encuentran desglosados en la tabla 4.

Estación	FD	SU	TX10p	TXgt50p	TN10p	TX90p	TN90p	TXx	TNn
15008	-0.762	2.073	-0.111	0.652	-0.314	0.311	0.175	0.050	0.088
15170	-0.400	NA	-0.120	NA	-0.287	0.199	0.168	NA	0.056
15045	NA	NA	NA	NA	-0.096	0.199	NA	0.026	0.082
15033	-0.024	NA	-0.175	NA	-0.188	NA	-0.120	NA	0.074
9016	0.000	NA	-0.145	NA	-0.146	0.098	-0.181	NA	0.052
15141	-0.218	0.852	-0.177	0.593	-0.239	0.223	NA	NA	0.055
15018	-0.188	0.000	NA	0.250	-0.149	0.214	NA	0.042	0.029
15082	-1.128	0.024	NA	0.336	-0.155	0.180	NA	0.016	NA
9045	0.000	0.319	NA	0.348	-0.190	0.190	NA	0.018	0.044
15280	-0.276	0.360	NA	0.383	-0.096	0.242	0.090	0.045	NA
	NEG	POS	NEG	POS	NEG	POS	POS/ NEG	POS	POS

Estación	TMm	TNm	CSDI5	WSDI5	HDDheat18	GDDgrow10	CWD	PRCPTOT
15008	0.043	0.046	-0.294	0.253	-12.682	15.064	-0.056	-1.819
15170	0.031	0.041	-0.272	0.000	-8.240	11.211	NA	NA
15045	NA	NA	-0.120	0.000	NA	NA	NA	NA
15033	NA	0.007	-0.175	0.119	-4.283	NA	0.316	2.504
9016	0.008	NA	-0.156	0.182	-2.877	2.225	0.176	3.161
15141	0.023	0.027	-0.250	0.194	-7.795	8.472	-0.065	-2.148
15018	0.021	0.028	-0.172	0.115	-7.830	5.966	-0.099	NA
15082	0.017	0.023	-0.217	0.200	-6.342	3.255	NA	-3.592
9045	0.019	0.023	-0.234	0.057	-6.250	7.017	NA	NA
15280	0.017	0.016	-0.135	0.179	-5.718	5.795	-0.217	-4.493
	POS	POS	NEG	POS	NEG	POS	NEG/ pos	NEG/ pos

Tabla 4. Tendencias de los 17 índices climáticos que resultaron estadísticamente significativos para al menos el 50% de las diez estaciones suburbanas enlistadas de acuerdo a su zona. Las unidades de las tendencias están conforme a lo indicado en la Tabla 3. Los caracteres debajo de cada columna indican que los valores de los índices tienen: tendencia claramente negativa (NEG), tendencia claramente positiva (POS), tanto positiva como negativa (POS/NEG), tendencia en su mayoría negativa y solo algunas positivas (NEG/pos).

Continuando el análisis de los índices climáticos para las estaciones suburbanas de la CDMX. En primer lugar, se examinó el comportamiento del índice de días de helada anual, FD (Figura 12, izquierda), para el cual se observaron tendencias negativas significativas en todas las estaciones, siendo la de mayor magnitud la de la estación 15082 (río Frío), ubicada en el extremo este de la ciudad, con una disminución de -1.13 días/año. Esta tendencia sugiere una disminución de casi 68 días de helada durante los 60 años analizados. Las estaciones con tendencias negativas importantes se concentran en la zona este de la ciudad.

Por otro lado, para el índice de días de verano anuales, SU (Figura 12, derecha), se observaron valores positivos de las tendencias estadísticamente significativas, también concentrados en el este de la ciudad.

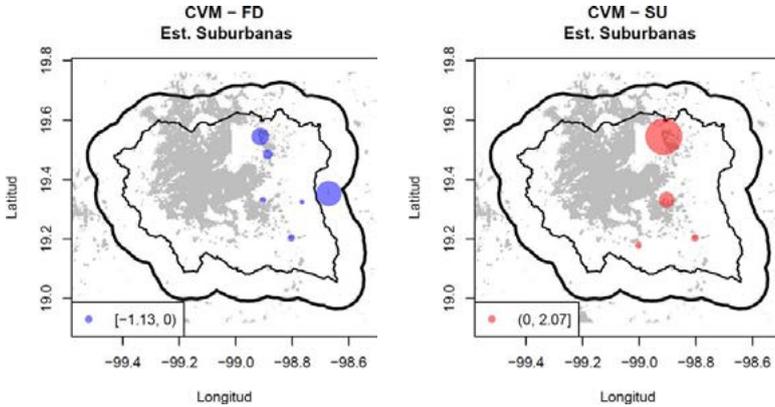


Figura 12. Distribución geográfica en la CVM de las tendencias en los días congelados FD (días/año) y de los días de verano SU (días/año) para estaciones suburbanas estadísticamente significativas. El área urbana se marca en gris. Las leyendas de los puntos indican los valores significativos máximo y mínimo de las tendencias encontradas para cada estación. El tamaño de los círculos está en relación a los valores máximos (o mínimos según sea el caso) mencionados. Los puntos en color rojo indican tendencias positivas y los azules tendencias negativas.

La estación suburbana con mayor latitud, la 15008 (Atenco), presentó el valor más alto de +2.07 días/año.

Para el número de días fríos, TX10p (Figura 13, izquierda), las tendencias estadísticamente significativas fueron negativas en todas las estaciones, con valores mayores distribuidos hacia el oeste y este de la ciudad, siendo las estaciones 15141 (centro-este) y 15033 (centro-oeste) las que presentaron la magnitud máxima de -0.18% anual de días por año. Este valor implica una disminución del 10.8% anual de días cuando TX < 10o percentil para esas estaciones de 1951 a 2010.

En cuanto a la fracción de días con temperaturas por encima del promedio, TXgt50p (Figura 13, derecha), se obtuvieron valores de tendencia estadísticamente significativa positivos, ubicados todos en la parte este de la ciudad. Las estaciones 15008 (norte) y 15141 (centro-este) presentaron los valores máximos con +0.65% y +0.59% anual de días/año, respectivamente.

Por otro lado, el número de noches frías, TN10p (Figura 14, izquierda), presentó tendencias estadísticamente significativas negativas en todas las estaciones suburbanas. Las magnitudes máximas se obtuvieron en las dos estaciones del norte, 15008 y 15170, con -0.31% y -0.29% anual de días por año, respectivamente, y en la estación 15141 (centro-este) con -0.24%.

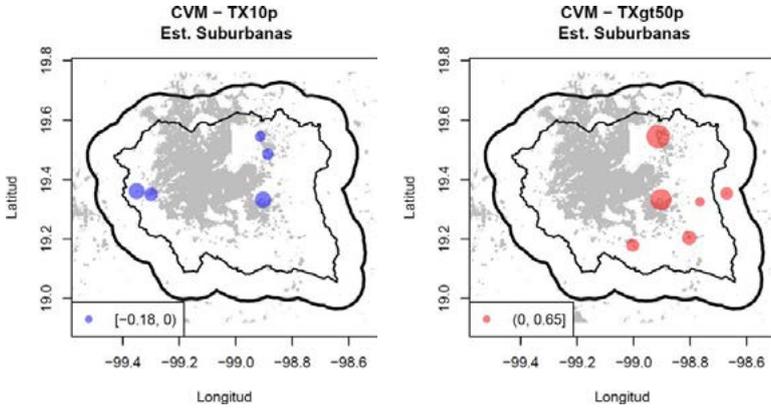


Figura 13. Distribución geográfica en la CVM de las tendencias para el número de días fríos, $TX10p$ (% anual de días/año), y la fracción de días con temperatura arriba del promedio, $TXgt150p$ (% anual días/año).

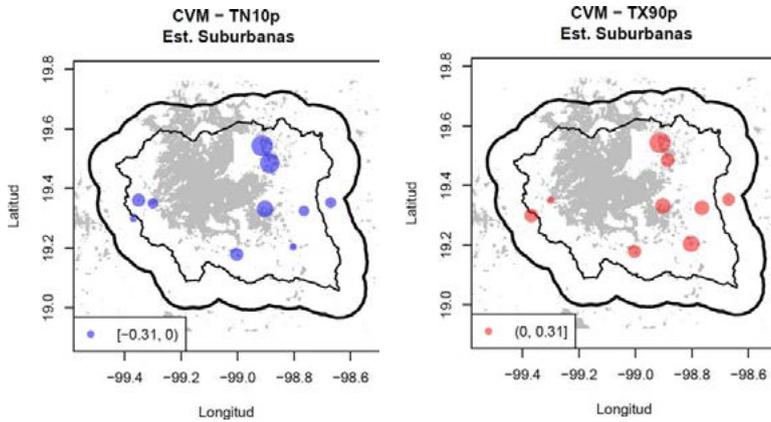


Figura 14. Distribución geográfica en la CVM de las tendencias para el número de noches frías, $TN10p$ (% anual de días/año) para estaciones suburbanas estadísticamente significativas. El área urbana se marca en gris. Las leyendas de los puntos indican los valores significativos máximo y mínimo de las tendencias encontradas para cada estación. El tamaño de los círculos está en relación a los valores máximos (o mínimos según sea el caso) mencionados. Los puntos en color rojo indican tendencias positivas y los azules tendencias negativas.

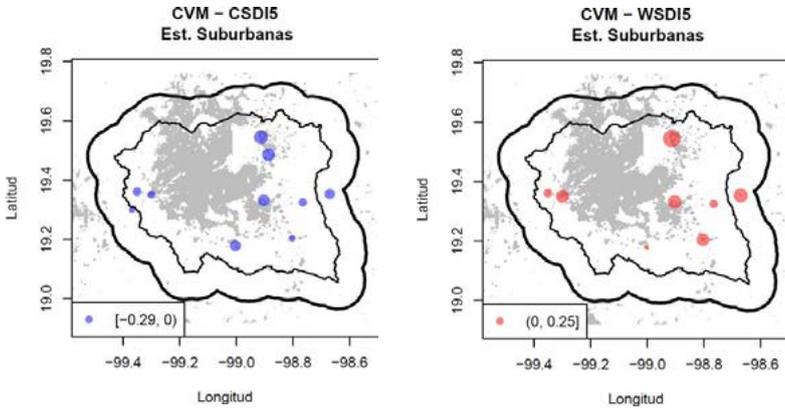


Figura 15. Distribución geográfica en la CVM de las tendencias para el índice de duración de la ola de frío de al menos 5 días, CSDI5 (número anual de días/año) y para el índice de duración de la ola de calor de al menos 5 días, WSDI5 (número anual de días/año) para estaciones suburbanas estadísticamente significativas. El área urbana se marca en gris. Las leyendas de los puntos indican los valores significativos máximo y mínimo de las tendencias encontradas para cada estación. El tamaño de los círculos está en relación a los valores máximos (o mínimos según sea el caso) mencionados. Los puntos en color rojo indican tendencias positivas y los azules tendencias negativas.

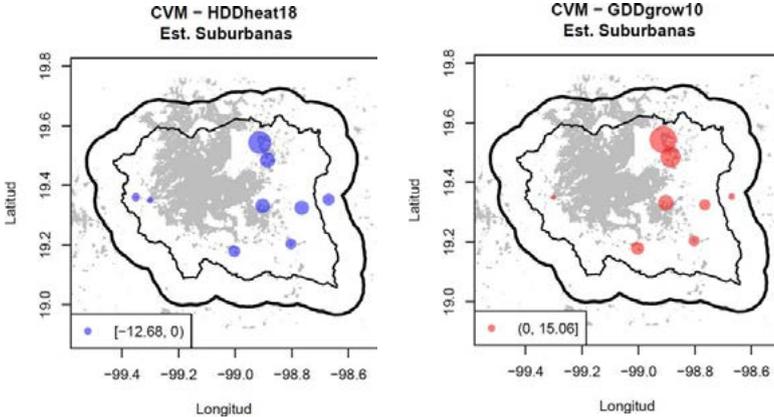


Figura 16. Distribución geográfica en la CVM de las tendencias para HDDheat18 (suma anual de 18-TM/año), y para GDDgrow10 (suma anual de TM-10/año). El área urbana se marca en gris. Las leyendas de los puntos indican los valores significativos máximo y mínimo de las tendencias encontradas para cada estación. El tamaño de los círculos está en relación a los valores máximos (o mínimos según sea el caso) mencionados. Los puntos en color rojo indican tendencias positivas y los azules tendencias negativas.

El índice del número de días calientes anuales, TX90p (Figura 14, derecha), presentó tendencias estadísticamente significativas positivas en la gran mayoría de las estaciones, siendo las estaciones 15008 (norte) y 15280 las que presentaron los valores más altos con +0.31% y +0.24% anual de días por año, respectivamente.

En relación con el índice de duración de olas de frío de al menos 5 días, CSDI5 (Figura 15 izquierda), se observaron tendencias estadísticamente significativas negativas en las 10 estaciones suburbanas. Las magnitudes máximas se registraron nuevamente en las dos estaciones del norte, 15008 y 15170, con tendencias de -0.29 y -0.27 eventos por año, respectivamente, y en la estación 15141 (centro este) con -0.25 eventos por año. El valor máximo de -0.29 indicaría una disminución promedio de 17 eventos de olas de frío de al menos 5 días durante el periodo 1951-2010.

Respecto al índice de duración de olas de calor de al menos 5 días, WSDI5 (Figura 15 derecha), se observaron solamente tendencias estadísticamente significativas positivas en las cuatro zonas analizadas. La estación 15008 (norte) obtuvo el valor máximo de +0.25 eventos por año.

El índice de medición de la demanda de energía necesaria para calentar un edificio, HDDheat18 (Figura 16 izquierda), mostró tendencias estadísticamente significativas negativas en 9 de las 10 estaciones suburbanas. La estación 15008 registró el valor máximo de -12.68 grados totales por año, seguida de las estaciones del centro este, sur y centro oeste en ese orden de magnitud.

En relación con el índice de acumulación de calor para predecir las tasas de desarrollo de plantas y animales, GDDgrow10 (Figura 16 derecha), se observaron tendencias estadísticamente significativas positivas en 8 de las 10 estaciones suburbanas. Los valores máximos se obtuvieron nuevamente en las dos estaciones del norte, 15008 y 15170, con +15.06 y +11.21 grados totales

Para el índice de días consecutivos húmedos, CWD (Figura 17 izquierda), se observaron tendencias estadísticamente significativas negativas hacia el este de la CDMX y positivas hacia el oeste de esta. La estación 15280 (en la zona sur) registró la tendencia más negativa con -0.22 días/año, mientras que la estación 15033 registró la tendencia más positiva con +0.32 días/año.

Por último, para el índice de días húmedos totales anuales, PRCP-TOT (Figura 17 derecha), se observaron tendencias negativas hacia el este de la CDMX y positivas hacia el oeste de esta. La estación 15280

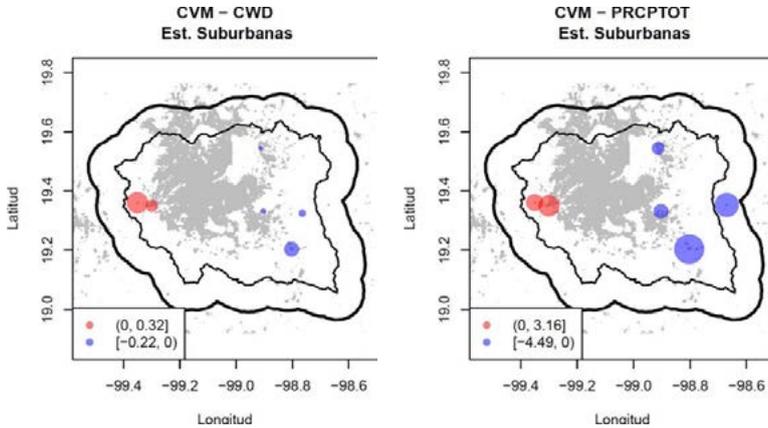


Figura 17. Distribución geográfica en la CVM de las tendencias para los días consecutivos húmedos, CWD (días/año), y para la precipitación anual total, PRCPTOT (mm/año). El área urbana se marca en gris. Las leyendas de los puntos indican los valores significativos máximo y mínimo de las tendencias encontradas para cada estación. El tamaño de los círculos está en relación a los valores máximos (o mínimos según sea el caso) mencionados. Los puntos en color rojo indican tendencias positivas y los azules tendencias negativas.

(en la zona sur) registró el valor más negativo con -4.49 mm/año, lo que significa una disminución promedio de 270 mm de precipitación durante el periodo de estudio de 60 años. La estación 9016 (centro oeste) registró la tendencia más positiva con $+3.16$ mm/año, lo que significa un aumento promedio de 190 mm de precipitación en el mismo periodo de tiempo.

Conclusiones

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos con relación al comportamiento de las variables climáticas homogeneizadas y los índices de cambio climático:

Precipitación:

- Durante el período más antiguo (1951-1990), las diez estaciones suburbanas analizadas presentaron un patrón de precipitación tipo monzónico, con lluvias fuertes en verano y bajas en invierno. Sin embargo, para el período más reciente (1991-2010), cuatro estaciones (9045, 15280, 15018 y 15082) experimentaron un cambio drástico en su patrón de lluvias de verano. Incluso, la estación 15018 cambió a un patrón tipo sequía intraestival.

- Las dos estaciones ubicadas en la zona sur presentan una precipitación significativamente mayor que las dos estaciones de la zona norte. Además, las estaciones del centro-oeste presentan una mayor precipitación que las del centro-este durante los períodos analizados.

- Se observa una disminución en la precipitación de mayo, que marca el inicio de las lluvias en la zona, lo que podría estar retrasando el inicio de la época de lluvias recientemente.

Temperatura:

- En todos los meses y en todas las estaciones analizadas, se ha observado un incremento de la temperatura comparando el periodo antiguo con el reciente. Esto se debe en gran medida al fenómeno del calentamiento global y al efecto de isla de calor. Este resultado ha sido confirmado por los mapas de calor de temperatura máxima en todas las estaciones, aunque en menor grado para la temperatura mínima.

- El valor máximo del incremento de temperatura se encuentra en las zonas norte, centro este y sur, y es considerablemente menor ($\sim 0.5^{\circ}\text{C}$) para la zona centro oeste.

- Para el periodo 1951-1990, todas las estaciones presentan su temperatura máxima en mayo, a excepción de la estación 15045 que lo presenta en junio. Sin embargo, para el periodo más reciente, solo dos estaciones (ambas en la zona centro este) cambian su mes de temperaturas máximas: la estación 15018 (cambia de mayo a abril) y la estación 15082 (abril iguala a la de mayo).

En cuanto a los índices de cambio climático, se observa que:

- La mayoría de los índices con menor magnitud (- o +) se encontraron en la zona centro oeste. Sin embargo, los índices que presentaron tendencias con ambos signos (TN90p, CWD y PRCPTOT) mostraron un signo contrario en esta misma zona en comparación con el resto.

- Resulta notable que, de los 15 índices de cambio climático relacionados con temperatura analizados, la estación 15008 (Atenco), que es la más septentrional, presentó la magnitud máxima de la tendencia (positiva o negativa) en 13 de ellos.

- De los 17 índices con tendencias estadísticamente significativas, nueve mostraron claramente tendencias positivas, cinco negativas y tres ambas.

En conclusión, los resultados encontrados en este estudio muestran que las tendencias positivas observadas en los índices SU, TXgt50p, TX90p, TXx, TNn, TMm, TNm, WSDI5 y GDDgrow10, así como las tendencias negativas en los índices FD, TX10p, TN10p, CSDI5 y HDD-heat18, están en línea con las tendencias observadas a nivel global (Donat et al., 2013) y regional (Mishra y Lettenmaier, 2015). Esto sugiere que el comportamiento observado puede ser más influenciado por el calentamiento global que por efectos locales de urbanización. Estudios similares también han encontrado resultados consistentes (Mishra et al., 2015; Kioutsoukis et al., 2010).

Sin embargo, se han identificado discrepancias entre los resultados de este estudio y los encontrados por García-Cueto et al. (2018) para los índices FD, SU, TNn, TX90p, TX10p y TN10p en la CVM. Esto podría deberse a las diferencias en el cálculo de las tendencias en diferentes períodos, ya que el estudio mencionado solo consideró el período 1980-2010.

Los datos climáticos originales del presente estudio fueron homogenizados rigurosamente para proveer información confiable sobre el análisis de índices de cambio climático presentes en la zona del Valle de México para sitios que pasaron de estar en puntos rurales a urbanos. A pesar de que los resultados del presente estudio apoyan más la influencia del calentamiento global, es indudable que factores como el cambio de suelo o modificaciones locales al ambiente tienden a alterar la presencia de eventos extremos climáticos en la zona. Este tipo de información es útil para los diferentes sectores productivos como son la construcción, oferta servicios energéticos o de infraestructura, o comerciales en las poblaciones ubicadas en dichos puntos. A esto también se suma la modificación del ambiente para aquellas poblaciones de especies nativas de la zona, dado que los cambios en el clima incrementan su vulnerabilidad y tienden a desaparecer o migrar.

Agradecimientos

Los autores externamos nuestro sincero agradecimiento al Mtro. Alejandro Ordoñez Sánchez por su apoyo en la generación del mapa de la zona de estudio. Agradecemos también al programa Cátedras CONAHCYT, ahora Investigadores por México.

Referencias bibliográficas

- Abahous, H., Guijarro, J. A., Sifeddine, A., Chehbouni, A., Ouazar, D., y Bouchaou, L. (2020). *Monthly precipitations over semi-arid basins in Northern Africa: Homogenization and trends*. International Journal of Climatology, 40(14), 6095-6105. <https://doi.org/10.1002/joc.6569>
- Agathangelidis, I., Cartalis, C., y Santamouris, M. (2019). *Integrating urban form, function, and energy fluxes in a heat exposure indicator in view of intra-urban Heat Island assessment and climate change adaptation*. Climate, 7(6), 75. <https://doi.org/10.3390/cli7060075>
- Alexandersson, H. (1986). *A homogeneity test applied to precipitation data*. International Journal of Climatology, 6, 661-675. <https://doi.org/10.1002/joc.3370060607>
- Almazroui, M., Islam, M. N., Saeed, F., Saeed, S., Ismail, M., Ehsan, M. A., ... y Barlow, M. (2021). *Projected changes in temperature and precipitation over the United States, Central America, and the Caribbean in CMIP6 GCMs*. Earth Systems and Environment, 5, 1-24. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00199-5>
- Andrade-Velázquez, M., Medrano-Pérez, O. R., Montero-Martínez, M. J., y Alcudia-Aguilar, A. (2021). *Regional Climate Change in Southeast Mexico-Yucatan Peninsula, Central America and the Caribbean*. Applied Sciences, 11(18), 8284. <https://doi.org/10.3390/app11188284>
- Andrade-Velázquez, M., y Montero-Martínez, M. J. (2023). *Historical and Projected Trends of the Mean Surface Temperature in South-Southeast Mexico Using ERA5 and CMIP6*. Climate, 11(5), 111. <https://doi.org/10.3390/cli11050111>
- Barradas, V. L., Miranda, J. A., Esperón-Rodríguez, M., y Ballinas, M. (2022). (Re) Designing Urban Parks to Maximize Urban Heat Island Mitigation by Natural Means. Forests, 13(7), 1143. <https://doi.org/10.3390/f13071143>
- Cabrera Silva, S. (2019). *Cambio global: una mirada desde la biología*. Revista chilena de enfermedades respiratorias, 35(1), 9-14. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482019000100009>
- Carrera-Hernández, J. J., y Gaskin, S. J. (2009). *Water management in the Basin of Mexico: current state and alternative scenarios*. Hydrogeol. J. 17, 1483-1494. <https://doi.org/10.1007/s10040-009-0442-2>

- CEPAL (2020). *Amenazas de Cambio Climático, Métricas de Mitigación y Adaptación en Ciudades de América Latina y el Caribe*. Siclari, P., Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/185); Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL): Santiago, CA, USA.
- Cui, Y. Y., y De Foy, B. (2012). Seasonal variations of the urban heat island at the surface and the near-surface and reductions due to urban vegetation in Mexico City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51(5), 855-868. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-11-0104.1>
- Del Serrone, G., Peluso, P., y Moretti, L. (2022). *Evaluation of Microclimate Benefits Due to Cool Pavements and Green Infrastructures on Urban Heat Islands*. *Atmosphere*, 13(10), 1586. <https://doi.org/10.3390/atmos13101586>
- Dissanayake, D. M. S. L. B., Morimoto, T., Ranagalage, M., y Murayama, Y. (2019). *Land-use/land-cover changes and their impact on surface urban heat islands: Case study of Kandy City, Sri Lanka*. *Climate*, 7(8), 99. <https://doi.org/10.3390/cli7080099>
- Domonkos, P., Guijarro, J. A., Venema, V., Brunet, M., y Sigró, J. (2021). *Efficiency of time series homogenization: Method comparison with 12 monthly temperature test datasets*. *Journal of Climate*, 34(8), 2877-2891. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0611.1>
- Donat, M. G., Alexander, L. V., Yang, H., Durre, I., Vose, R., y Caesar, J. (2013). *Global land-based datasets for monitoring climatic extremes*. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(7), 997-1006. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00109.1>
- Fonseca, D., Carvalho, M. J., Marta-Almeida, M., Melo-Gonçalves, P., y Rocha, A. (2016). *Recent trends of extreme temperature indices for the Iberian Peninsula*. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 94, 66-76. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2015.12.005>
- García-Cueto, O. R., Santillán-Soto, N., López-Velázquez, E., Reyes-López, J., Cruz-Sotelo, S., y Ojeda-Benítez, S. (2019). *Trends of climate change indices in some Mexican cities from 1980 to 2010*. *Theoretical and Applied Climatology*, 137, 775-790. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2620-4>
- Guijarro, J. A. (2018). *Homogeneización de series climáticas con Climatol; Versión 3.1.1*. Agencia Estatal de Meteorología (AE-

- MET): Islas Baleares, Spain. https://repositorio.aemet.es/bits-tream/20.500.11765/12185/1/homog_clima-tol-es.pdf
- Guijarro, J. A. (2021). *Homogenization of Climatic Series with Climatol; Version 3.1.1*. Agencia Estatal de Meteorología (AEMET): Islas Baleares, Spain. https://www.climatol.eu/homog_climatol-en.pdf
- Hamed, K. H., y Rao, A. R. (1998). *A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data*. Journal of hydrology, 204(1-4), 182-196. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00125-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00125-X)
- Hamed, K. H. (2009). *Enhancing the effectiveness of prewhitening in trend analysis of hydrologic data*. Journal of hydrology, 368(1-4), 143-155. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.01.040>
- Hirsch, R. M., Helsel, D. R., Cohn, T. A., y Gilroy, E. J. (1993). *Statistical treatment of hydrologic data*. Handbook of Hydrology, 17-1.
- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Minnenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Kendall, M. G. (1948). *Rank Correlation Methods*; Charles Griffin: London, UK.
- Kioutsoukis, I., Melas, D., y Zerefos, C. (2010). *Statistical assessment of changes in climate extremes over Greece (1955–2002)*. International Journal of Climatology, 30(11), 1723-1737. <https://doi.org/10.1002/joc.2030>
- Kumar, N., Panchal, C. C., Chandrawanshi, S. K., y Thanki, J. D. (2017). *Analysis of rainfall by using Mann-Kendall trend, Sen's slope and variability at five districts of south Gujarat, India*. Mausam, 68, 205–222. <https://doi.org/10.54302/mausam.v68i2.604>
- Lehmann, E. L., y D'Abrera, H. J. (1975). *Nonparametric Statistical Methods Based on Ranks*; Holden-Day: San Francisco, CA, USA.
- Machiwal, D., y Jha, M. K. (2012). *Hydrologic Time Series Analysis: Theory and Practice*. Springer Science & Business Media.

- Mamara, A., Argiriou, A. A., y Anadranistakis, M. (2013). *Homogenization of mean monthly temperature time series of Greece*. International Journal of Climatology, 33(12), 2649-2666. <https://doi.org/10.1002/joc.3614>
- Manly, B. F. J. (2001). *Statistics for Environmental Science and Management*. Chapman & Hall/CRC Press.
- Mishra, V., y Lettenmaier, D. P. (2011). *Climatic trends in major US urban areas, 1950–2009*. Geophysical Research Letters, 38, L16401. <https://doi.org/10.1029/2011GL048255>
- Mishra, V., Ganguly, A. R., Nijssen, B., y Lettenmaier, D. P. (2015). *Changes in Observed Climate Extremes in Global Urban Areas*. Environ. Res. Lett., 10, 024005. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/2/024005/meta>
- Montero-Martínez, M. J., y Andrade-Velázquez, M. (2022). *Effects of Urbanization on Extreme Climate Indices in the Valley of Mexico Basin*. Atmosphere, 13(5), 785. <https://doi.org/10.3390/atmos13050785>
- NASA (2023). *Global Climate Change, vital signs of the Planet. Global Temperature*. National Agency Spatial and Atmosphere, visit at march, 2023: <https://climate.nasa.gov/>
- Patakamuri, S. K., Muthiah, K., y Sridhar, V. (2020). *Long-term homogeneity, trend, and change-point analysis of rain-fall in the arid district of Ananthapuramu, Andhra Pradesh State, India*. Water, 12(1), 211. <https://doi.org/10.3390/w12010211>
- Paulhus, J. L., y Kohler, M. A. (1952). *Interpolation of missing precipitation records*. Monthly Weather Review, 80(8), 129-133. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1952\)080<0129:IOMPR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1952)080<0129:IOMPR>2.0.CO;2)
- Pyrgou, A., Santamouris, M., y Livada, I. (2019). *Spatiotemporal analysis of diurnal temperature range: Effect of urbanization, cloud cover, solar radiation, and precipitation*. Climate, 7(7), 89. <https://doi.org/10.3390/cli7070089>
- Rodríguez-Tapia, L., y Morales-Novelo, J. A. (2013). *Integración de un sistema de cuentas económicas e hídricas. REALIDAD, DATOS Y ESPACIO*. REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, 4(1), 72-89. <https://>

- rde.inegi.org.mx/index.php/2013/01/06/integracion-de-un-sistema-de-cuentas-economicas-e-hidricas-en-la-cuenca-del-valle-de-mexico/
- Rodríguez-Tapia, L., Pedro-Aburto, M., Morales-Novelo, J. A., y Revollo-Fernández, D. A. (2020). Water Technology in the Paper Industry in the Valley of Mexican Basin. *Water Conservation Science and Engineering*, 5(1-2), 31-39. <https://doi.org/10.1007/s41101-020-00082-w>
- Ruiz-Alvarez, O., Singh, V. P., Enciso-Medina, J., Ontiveros-Capurata, R. E., y dos Santos, C. A. C. (2020). *Observed trends in daily extreme precipitation indices in Aguascalientes, Mexico*. *Meteorological Applications*, 27(1), e1838. <https://doi.org/10.1002/met.1838>
- Sen, P. K. (1968). *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau*. *J. Am. Stat. Assoc.*, 63, 1379-1389. <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>
- Shafiei Shiva, J., Chandler, D. G., y Kunkel, K. E. (2022). *Mapping Heat Wave Hazard in Urban Areas: A Novel Multi-Criteria Decision Making Approach*. *Atmosphere*, 13(7), 1037. <https://doi.org/10.3390/atmos13071037>
- Sokal, R. R., y Rohlf, P. J. (1969). *Introduction to Biostatistics*. 2nd edition, 363 pp, W.H. Freeman, New York.
- Vargas, N., y Magaña, V. (2020). *Climatic risk in the Mexico city metropolitan area due to urbanization*. *Urban Climate*, 33, 100644. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100644>
- Von Storch, H., y Navarra, A. (1995). *Misuses of Statistical Analysis in Climate Research*. In *Analysis of Climate Variability-Applications of Statistical Techniques*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp. 11-26.
- Yue, S., Pilon, P., Phinney, B., y Cavadias, G. (2002). *The influence of auto-correlation on the ability to detect trend in hydrological series*. *Hydrological processes*, 16(9), 1807-1829. <https://doi.org/10.1002/hyp.1095>
- Yue, S., y Wang, C. (2004). *The Mann-Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series*. *Water resources management*, 18(3), 201-218. <https://doi.org/10.1023/B:WARM.0000043140.61082.60>

Evapotranspiración en zonas agrícolas: enfoques y desafíos

Rocio Becerril-Piña^{1*}, Andy Mejía Olivares², Carlos Díaz Delgado³ y Carlos Alberto Mastachi-Loza

Resumen

Como el único componente de conexión entre el balance de agua y balance de energía, y dadas las complejas interacciones entre el suelo-planta-atmósfera, la evapotranspiración es quizá el componente del ciclo hidrológico más complicado de comprender y estimar. La estimación de la evapotranspiración (ET) se ha convertido en un reto, clave en el sector agrícola en la programación óptima de riego en términos de cantidad y frecuencia. En el sector agrícola, conocer las tasas de evapotranspiración permite mejorar la eficiencia del uso y manejo del agua, aumentar el rendimiento de cultivos y, por tanto, reducir el consumo de energía. Hoy día el concepto ET se ha ligado al Nexa “agua-energía-alimentos” dadas las interrelaciones entre estos sistemas, por lo que no sólo tiene vínculo en la gestión de recursos hídricos, sino en aspectos económicos, socioculturales y por supuesto, el cambio climático. Son varios los métodos y enfoques para medir y estimar la ET, en términos generales se han dividido en dos: métodos directos e indirectos.

La evapotranspiración de referencia se define como la tasa de evapotranspiración de cultivos de referencia con suficiente suministro de agua, la ecuación de Penman-Monteith (PM) es la más utilizada para estimar ET a nivel regional o global debido a su sólida base física. La escasez de mediciones de ET, los altos costos de equipo y mantenimiento, además del surgimiento de los productos satelitales han propiciado el desarrollo y adaptación de métodos que combinan los datos meteorológicos y satelitales en el estudio de la ET. Al igual que otros métodos y enfoques tienen limitaciones y deben ser considerados parámetros de interés escala espacial y temporal, calidad de datos meteorológicos, uso de suelo, topografía, entre otros. De aquí la importancia de los estudios locales que permiten integrar estos factores.

Palabras clave: evapotranspiración, gestión hídrica, espaciotemporal, distrito de riego

1 Red Lerma-Instituto-Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA), Universidad Autónoma del Estado de México

* Autor de correspondencia. rbecerrilp@uaemex.mx

2 Doctorado en Ciencias del Agua, IITCA, Universidad Autónoma del Estado de México

3 IITCA, Universidad Autónoma del Estado de México

Introducción

El objetivo de este capítulo se centra en dos aspectos: el primero es hacer una revisión de la importancia de la evapotranspiración, conceptos y métodos de estimación. El segundo aspecto es desarrollar, a manera de aplicación, un caso de estudio que permita conocer de forma general, en un distrito de riego, las tasas de evapotranspiración a escala anual y mensual a partir de datos satelitales, y visualizar esta herramienta como un apoyo en la determinación de los requerimientos hídricos en zonas agrícolas.

La evapotranspiración (ET) es el proceso de pérdida de agua de la superficie terrestre a la atmósfera (Aryalekshmi et al., 2021) y es determinada por factores climáticos (radiación, temperatura del aire, humedad atmosférica y velocidad del viento), características del cultivo (tipo de cultivo, variedad, etapa de desarrollo), y manejo y otros (uso de suelo, niveles de salinidad, uso de fertilizantes, enfermedades, densidad de vegetación, método de riego, etc.) (Allen et al., 1998). Como el único componente de conexión entre el balance de agua y balance energético, y dadas las complejas interacciones entre suelo-planta-atmósfera, la ET es quizá el componente del ciclo hidrológico más complicado de comprender y estimar.

La ET juega un rol muy importante en el ciclo del agua, representa la variable clave para vincular el funcionamiento de los ecosistemas, el ciclo del carbono, el clima y la gestión de los recursos hídricos (Fisher et al., 2017), por lo que puede impactar visiblemente en la escala espaciotemporal. La ET terrestre global devuelve alrededor del 60% de la precipitación terrestre a la atmósfera (Oki & Kanae, 2006), aunque este porcentaje varía de una región a otra. Las tendencias globales han identificado que además del incremento de temperatura, existen cambios sustanciales en la precipitación, escorrentía, humedad del suelo, y por tanto en las tasas de evapotranspiración (Javadian et al., 2020). En la escala regional es un componente importante para la producción agrícola, climatología, estimación de escurrimiento, sequías, estrés de cultivo, estimación de recarga y planeación regional (Zhang et al., 2006).

La ocurrencia simultánea y la dificultad de medir por separado la evaporación y transpiración, da lugar al concepto de evapotranspiración (Figura 1) (Allen et al., 1998). La evaporación es la difusión de vapor de agua desde superficies húmedas a la atmósfera, comúnmente a partir de suelo húmedo, dosel de vegetación mojada y en cuerpos de agua descubiertos (Krishna, 2019). Para cambiar el estado de las moléculas de agua líquida a vapor se necesita energía: la radiación solar y la temperatura

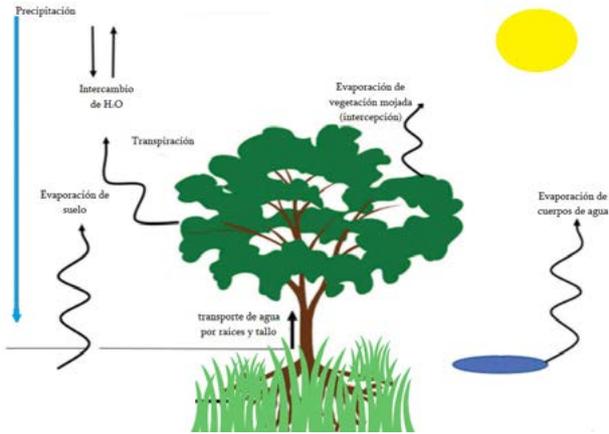


Figura 1. Esquematación del proceso de evapotranspiración. (Tomado y modificado de J. Zhang et al., 2020).

del aire. Conforme ocurre la evaporación, el aire próximo se satura gradualmente, hasta detenerse el proceso si el aire mojado no se transfiere a la atmósfera (Allen et al., 1998). La transpiración se lleva a cabo por la vegetación desde diferentes partes de la planta: hojas, tallo, flores y/o raíces. La transpiración es controlada por propiedades fisiológicas de la vegetación, tales como el índice de área foliar (IAF), densidad de masa de la hoja, albedo, rugosidad de la superficie y profundidad de la raíz (Arora, 2002). La geometría del dosel de la planta determina la cantidad de radiación solar, aunque también depende del gradiente de presión de vapor y de la velocidad del viento. Los ecosistemas y cultivos presentan diversas tasas de ET que a su vez dependen del estado de desarrollo, manejo, salinidad y características del riego (Allen et al., 1998).

En la agricultura la cantidad de agua requerida para compensar la pérdida por evapotranspiración del cultivo es conocida como requerimientos hídricos. La evapotranspiración del cultivo (ETc) representa la cantidad de agua perdida través de la evapotranspiración, por lo que los valores de evapotranspiración de cultivo y necesidades de agua del cultivo son idénticos, por tanto, la ET puede usarse como medida del estrés hídrico vegetal. Sin las asignaciones adecuadas en tiempo y cantidad, se afecta la producción y en última instancia, se pone en riesgo la seguridad alimentaria (Wanniarachchi & Sarukkalige, 2022). En este sentido, la optimización del sistema de gestión hídrica y la estimación precisa de la evapotranspiración son muy importantes, dado que la ET es un factor crítico desde la escala parcela a la escala global.

Tipos de evapotranspiración

Con el objetivo de mejorar el entendimiento y comparación de estudios referentes a ET, se han integrado los conceptos de: Evapotranspiración de referencia (ET_0), Evapotranspiración del cultivo (ET_c) y evapotranspiración real (ET_r). La noción de ET_0 ha sido establecida para reducir las ambigüedades de interpretación que da lugar el amplio concepto de evapotranspiración y para relacionarla de forma más directa con los requerimientos de agua de los cultivos. La evapotranspiración real es la pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, en las condiciones dominantes atmosféricas y de humedad del suelo, por fenómenos de evaporación y de transpiración de las plantas. ET_r ha sido estimada a través de diversos métodos utilizando balance de agua y balance de energía, es la suma de las cantidades de agua evaporada a partir del suelo y las transpiradas por los vegetales, bajo condiciones atmosféricas de suelo y vegetación reales de un lugar.

La evapotranspiración de referencia (ET_0) es aquella que ocurre en una superficie de referencia sin restricciones de agua y se denomina ET_0 , éste es un cultivo hipotético (pasto o alfalfa), por lo que los factores que afectan la ET_0 son climáticos y no influyen las características del cultivo ni del suelo. Estas características hipotéticas son: altura de 0.12 m, resistencia superficial fija de 70 sm^{-1} y albedo de 0.23. La superficie de referencia es muy similar a pasto verde, bien regado, de altura uniforme, creciendo activamente y dando sombra totalmente al suelo. La resistencia de 70 sm^{-1} implica un suelo moderadamente seco que recibe riego con una frecuencia semanal.

A partir de una consulta de expertos realizada en mayo de 1990, el método de FAO Penman-Monteith ha sido recomendado como el único método estándar para la definición y el cálculo de la evapotranspiración de referencia. El método de FAO Penman-Monteith requiere datos de radiación, temperatura del aire, humedad atmosférica y velocidad del viento.

La evapotranspiración de cultivo (ET_c) puede ser calculada multiplicando la ET_0 por el coeficiente de cultivo (k_c). k_c representa la influencia de las características específicas del cultivo.

Los valores k_c representan los efectos combinados de los cambios en el área foliar, altura de la vegetación, método de riego, tasa de desarrollo del cultivo, grado de cobertura del dosel, condiciones del suelo, clima y prácticas de manejo. Por lo que cada cultivo tiene un conjunto de

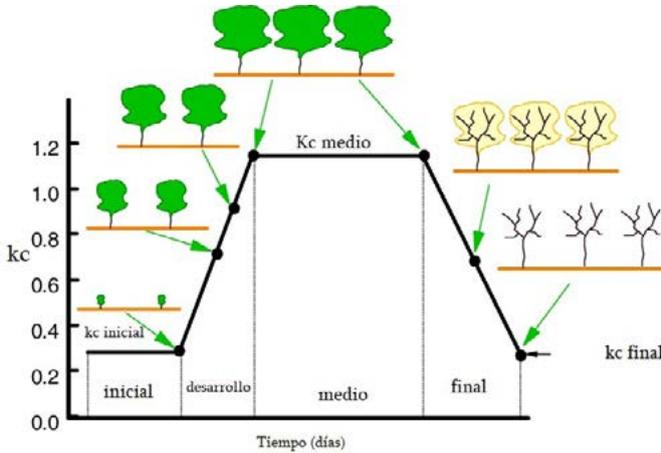


Figura 2. Esquematación de la dinámica de k_c respecto a fases de crecimiento de un cultivo. (Tomado y modificado de Allen et al., 1998; Allen & Pereira, 2009).

coeficientes de cultivo específicos y puede aproximar la tasa de uso de agua diferente para cada cultivo y etapa de desarrollo (inicio, desarrollo, final) (Figura 2) (Likens, 2009). A medida que el cultivo se desarrolla tanto en altura como en área presenta diferencias, por lo que un valor k_c correspondiente a un cultivo determinado, varía a lo largo del periodo de crecimiento.

Importancia y magnitud de la evapotranspiración

En la superficie terrestre la evapotranspiración es considerado el segundo componente más importante en el ciclo hidrológico, después de la precipitación. Representa el nexo entre los ciclos del agua, carbono y energía, así como los servicios ecosistémicos ligados a estos (Elnashar et al., 2021). En la escala anual entre el 58 y 65% de la precipitación que cae sobre la superficie es devuelta a la atmósfera (Liu et al., 2021; Oki & Kanae, 2006). En términos energéticos elimina más del 50% de la energía superficial por transferencia de calor latente (Liu et al., 2021).

Los cambios en la ET afectan regionalmente la escorrentía, influyen en el clima, modificando la precipitación, humedad, temperatura, nubosidad, inundación y olas de calor (Ojeda et al., 2020). Localmente la ET juega un rol significativo en las alteraciones de duración y severidad de eventos extremos hidrológicos, como la sequía agrícola e hidrológica, especial-

mente en zonas de transición; alterando así las variaciones espaciotemporales de la disponibilidad de recursos hídricos e incluso el calentamiento regional y global (Liu et al., 2021). Todos estos vínculos hacen que la ET sea una variable importante tanto para pronósticos meteorológicos como para predicciones climáticas (Pan et al., 2020) y demanda investigaciones exhaustivas que mejoren la comprensión científica de la ET.

Bajo el enfoque del cambio climático antropogénico, se espera que con el aumento de los gases de efecto invernadero se afecte la magnitud de los flujos de calor y por tanto los efectos a través de los componentes de los balances de agua y energía.

Los esfuerzos por cuantificar la ET a nivel global aun presentan discrepancia, estimaciones para el periodo 1980-2011 indican que la media anual varía desde 417 a 650 mm año⁻¹ (Schwalm et al., 2013). Este rango muestra los efectos locales y regionales además de las variaciones temporales. Sin dejar de lado que no son suficientes las mediciones terrestres, y que existe incertidumbre en las bases de datos, resoluciones, parámetros y calibración de modelos (Pan et al., 2020). En este sentido, Pan et al., (2020) estimaron la magnitud de ET de 589 a 617 mm media anual global del periodo 2001 al 2011 (Figura 3). Identificaron diferencias relacionadas con los modelos aplicados (modelos físicos basados en sensores remotos, de superficie, aprendizaje automático y de referencia). Identificaron que las tasas de ET son mayores en las latitudes centrales y en el trópico de Cáncer. Los valores más altos de evapotranspiración se identificaron en el Amazonas, y los menores valores se identificaron en las regiones áridas y semiáridas en el oeste de Australia, Asia central, norte de China y oeste de Estados Unidos.

En cuanto a las tendencias globales de ET, varios estudios han identificado un incremento en las tasas de ET, producto del reverdecimiento de la vegetación (cultivos y algunos ecosistemas), dado que la transpiración de la vegetación contribuye en mayor medida que la evaporación y las tasa de CO₂ elevadas han alterado la ET, influyendo en los cambios fisiológicos y estructurales de la vegetación (Liu et al., 2021; Pan et al., 2020).

Evapotranspiración: mediciones y estimaciones

La ET es una variable clave en el funcionamiento de los ecosistemas, por lo que se hace fundamental medir con precisión la ET en la superficie terrestre bajo el entendimiento de un entorno global cambiante y para mejorar la comprensión del sistema terrestre. Aunque la ET no es fácil

de medir, se han desarrollado varios sistemas y aparatos que proporcionan mediciones. De forma general los métodos se han clasificado en dos grandes grupos: directos e indirectos.

Métodos directos

Los métodos directos incluyen lisímetros, tanques evaporímetros, atmómetros, torres de Eddy-covariance, escintilómetros, entre otros. Por lo que requiere equipo especializado y personal calificado para su manejo, por lo que resulta difícil y costoso su implementación en diversas regiones. A continuación, se describen los más utilizados:

Lisímetros

El lisímetro es un aparato que mide la ET, aunque el diseño, instalación y operación debe ser cuidadoso a fin de evitar errores. Los lisímetros son considerados el método más preciso y seguro a menor costo para determinar la evapotranspiración real de casi cualquier tipo de superficie terrestre. Los lisímetros son tanques que aíslan una porción de suelo con vegetación y que permite medir la dinámica de entradas y salidas de agua. Dado que los lisímetros son caros y difíciles de construir y manejar, su uso normalmente se restringe a trabajos de investigación (Allen et al., 1998). Estos instrumentos permiten una determinación precisa del balance de agua del suelo y la cuantificación del agua en la interfaz suelo-planta-atmósfera (CONAGUA, 2023). Las mediciones de lisímetros son ampliamente utilizadas para las etapas de calibración y validación de otros métodos de estimación de ET (Vaughan et al., 2007).

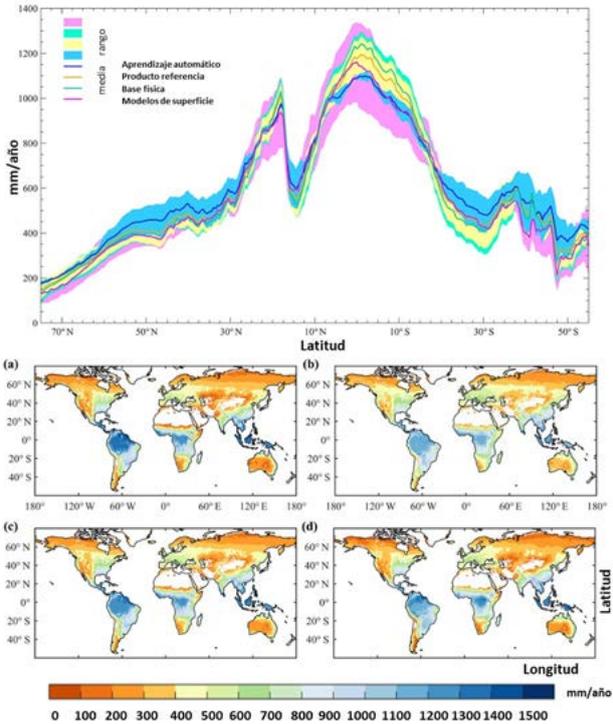


Figura 3. Rangos de evapotranspiración media anual global estimada desde diferentes enfoques. (Tomado y modificado de Pan et al., 2020).

Tanque evaporímetro

Desde 1970 el uso del tanque evaporímetro clase “A” se generalizó para poder determinar la aplicación de riego de diferentes cultivos. Tiene como ventaja su simplicidad, al medir los efectos integrados del clima a partir de una medida única, además de los bajos costos de instalación y mantenimiento (Villazón Gómez et al., 2021). El tanque clase “A”, es circular con un diámetro de 121 cm, con una profundidad 25.5 cm, y el nivel de agua debe mantenerse entre 6 a 8 cm debajo del borde. El material del tanque es de hierro galvanizado y debe instalarse 15 cm por arriba de la superficie del suelo sobre una tarima de madera (Figura 4).

La vegetación o cultivos que se encuentran alrededor del tanque no deben ser más altos de 100 cm. En ausencia de lluvia, la cantidad de agua evaporada durante un período corresponde a la disminución de la

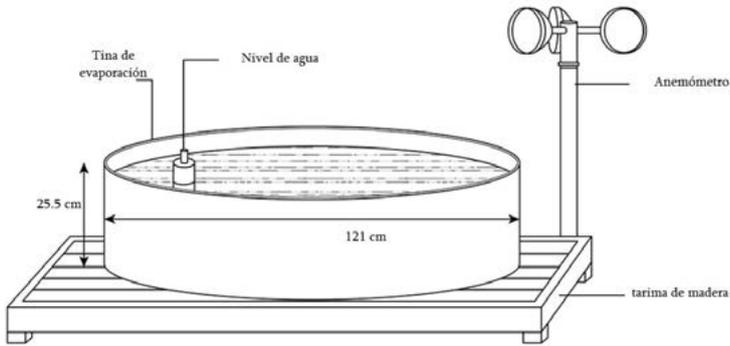


Figura 4. Ilustración de tanque evaporímetro clase A. Tomado y modificado de Alsumaiei, (2020).

altura de agua en el tanque es ese período. El valor integra el efecto de la radiación, viento, temperatura y humedad de una superficie abierta de agua (Allen et al., 2006). Aunque existen diferencias en los procesos de la evaporación del tanque y la evapotranspiración de una superficie vegetal, el uso del tanque evaporímetro para estimar ET_0 se considera confiable si se hacen los ajustes necesarios (Villazón Gómez et al., 2021).

Le evapotranspiración de referencia (ET_0) en mm día^{-1} se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$ET_0 = kp * Ep \quad \text{Ec. 1}$$

donde la kp es el coeficiente del tanque evaporímetro dependiente de la humedad relativa, velocidad promedio del viento en 24 horas (m s^{-2}) y del tipo de cobertura alrededor del tanque, generalmente pasto o suelo desnudo. Ep representa la evaporación medida en el tanque (mm día^{-1}).

Por lo que kp puede ser calculada a partir de ET_0 y Ep :

$$kp = Et_0 / Ep \quad \text{Ec. 2}$$

En el caso que el tanque se encuentre rodeado de pasto se utiliza la siguiente ecuación (Allen et al., 2006):

$$kp = 0.108 - 0.0286u_2 + 0.0422\ln(\text{borde}) + 0.1434\ln((HR)) - 0.000631[(\ln(\text{borde}))]^2\ln((HR)) \quad \text{Ec. 3}$$

donde: borde es la distancia desde el tanque evaporímetro hasta el área del cultivo (m), (HR) es la humedad relativa promedio y u_2 es la velocidad promedio del viento a 2 m de altura. En dado caso que la velocidad del viento se mida a altura diferente se puede utilizar la siguiente ecuación para hacer el ajuste:

$$u_2 = u_z(4.87/(\ln(67.8z - 5.42))) \quad \text{Ec. 4}$$

En el caso que el tanque se encuentre rodeado de suelo desnudo se utiliza la siguiente ecuación (Allen et al., 2006):

$$k_p = 0.61 + 0.00341(HR) - 0.000162u_2(HR) - 0.00000959u_2 \text{ borde} + \\ 0.00327u_2 \ln(\text{borde}) - 0.00289u_2 \ln(86.4u_2) - 0.0106 \ln(86.4u_2) \ln(\text{borde}) + \\ 0.00063 [\ln(\text{borde})]^2 \ln(86.4u_2) \quad \text{Ec. 5}$$

Atmómetros

Los atmómetros son una herramienta para estimar ET_0 representa una alternativa para conocer los valores de ET_0 cuando no se dispone de datos meteorológicos para su cálculo o en situaciones en las que las condiciones climáticas de un lugar son diferentes a las de la ubicación de la estación meteorológica (Gavilán & Castillo-Llanque, 2009).

Es un instrumento que mide el agua evaporada desde el depósito a la atmósfera a través de una superficie porosa y una cubierta verde con el objetivo de simular el albedo de la vegetación y la resistencia a la difusión del flujo de vapor de agua de las hojas, está diseñado para simular la evapotranspiración del dosel de una planta considerando la resistencia de la vegetación a la ET (Figura 5). El depósito es de PVC blanco para reflejar la radiación solar y evitar la transmisión de la temperatura ambiental del agua destilada que contiene en su interior. Presenta un tubo de cristal graduado para identificar el nivel de agua. Las cubiertas verdes pueden simular un cultivo de referencia (alfalfa o gramínea) (Llanque & Zafra, 2009). La simplicidad de uso y facilidad de interpretación de datos lo ha convertido en una herramienta práctica para agricultores (Knox et al., 2011). Son varios los estudios que han analizado su precisión en distintos cultivos y regiones climáticas. Knox et al. (2011) contrastaron los valores de evapotranspiración obtenidos con atmómetro ($ET_0 A$) y ET_0 calculados con la ecuación de Penman-Monteith, y no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores estimados y los medidos. A nivel diario identificaron un coeficiente de determinación (R^2) entre 0.60 y 0.73 y a escala semanal un R_2 entre 0.79 y 0.90.

Estación Eddy covariane

La técnica Eddy covariance (EC) se utiliza para medir y calcular flujos turbulentos verticales dentro de las capas límite atmosférico. Es considerada como una de las técnicas para la medición directa de evapotranspiración (Ghiat et al., 2021). El método analiza series de datos atmosféricos escalares y de viento de alta frecuencia, gas, energía y momento (Scott, 2010). La evaluación simultánea de los cambios de velocidad vertical del aire y la concentración de vapor de agua en el aire es lo que permite medir la ET en forma de flujo vertical de vapor de agua (Ghiat et al., 2021). La covarianza de la velocidad vertical del viento con la temperatura y el vapor de agua se utilizan para estimar la densidad de flujo de calor sensible y latente. El período promedio debe exceder la duración del remolino más grande involucrado en el proceso de transporte, por lo que a menudo se utilizan períodos de registro de 10 a 30 minutos (Drexler et al., 2004). El flujo de calor sensible está relacionado con la convección y determina la transferencia de masa y calor a la atmósfera a través de la capa límite, el flujo de calor latente se puede convertir en evapotranspiración (Kang & Cho, 2021).



Figura 5. Atmómetro modelo 3710E. (Fotografía propia)

Métodos indirectos

A continuación, se describen algunos de los métodos más comunes para estimar ET, muchos modelos de estimación son empíricos basados en correlaciones estadísticas con parámetros meteorológicos (Abteu & Melesse, 2012). Pese a la existencia de un gran número de métodos para evaluar la ET, ninguno es lo suficientemente general para ser aplicado en todas las circunstancias (Llamas, 1993). La precisión depende de la ubicación, por lo que puede ser necesaria una recalibración local. En cualquier caso,

la calidad de las estimaciones depende tanto del modelo seleccionado como de la calidad de los datos de entrada (Granata, 2019).

Ecuación FAO56 Penman-Monteith

El modelo FAO56 Penman-Monteith es considerado como el método estándar para estimar la evapotranspiración de referencia (ET_0), así como la evapotranspiración de cultivo (ET_c) al asociar un coeficiente de cultivo (k_c) a la ET_0 (Ec. 7):

La evapotranspiración de referencia (mm día^{-1}) puede ser estimada a partir de la siguiente ecuación:

$$ET_0 = (0.408 \Delta (Rn + G) + (\gamma(900/(T + 273)))u_2(e_s - e_a))/(\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)) \quad \text{Ec. 6}$$

donde Δ es la pendiente de la curva de presión de vapor ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); Rn es la radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJm}^{-2}\text{día}^{-1}$); G es el flujo de calor del suelo, γ es la constante psicométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); T es la temperatura media del aire a 2 m de altura ($^\circ\text{C}^{-1}$) y u_2 es la velocidad del viento a 2 m de altura (m s^{-2}).

$$ET_c = k_c ET_0 \quad \text{Ec. 7}$$

El coeficiente del cultivo (k_c) es una representación de las características físicas y fisiológicas del cultivo de interés en relación con el cultivo de referencia, que incluye la cobertura del suelo, propiedades del dosel y la resistencia aerodinámica. El efecto de estas características constituye el k_c , que puede estimarse en un solo coeficiente o dividirse en dos efectos separados representados por el coeficiente de cultivo dual. El enfoque dual tiene relevancia cuando se aplica riego de alta frecuencia o se programa riego en tiempo real, y consiste en tener en cuenta dos coeficientes en la estimación de ET_c ; el coeficiente basal del cultivo (k_{cb}) que representa la transpiración del cultivo y el coeficiente de evaporación del suelo (k_e) que representa las pérdidas por evaporación de la superficie del suelo (Ghiat et al., 2021).

El método FAO56 Penman-Monteith fue desarrollado para aplicaciones agrícolas, y en condiciones ideales y controladas. Sin embargo, el modelo presenta algunas limitantes cuando se aplica a sistemas cerrados, como invernaderos, debido al perfil no logarítmico del viento en el interior de estos sistemas, por lo que la velocidad del viento en el interior es prácticamente nula, conduciendo a un valor logarítmico de la resistencia aerodinámica, en estos casos es preferible medir directamente la resistencia aerodinámica (Ghiat et al., 2021).

Ecuación de Hargreaves-Samani

La falta de datos meteorológicos y los problemas relacionados con la calidad y precisión, caso recurrente en países en vías de desarrollo, puede ser una limitante al uso de la ecuación Penman-Monteith (Ghiat et al., 2021). Un método alternativo, permite estimar ET_0 a partir de datos de temperatura y el cálculo de la radiación solar extraterrestre. La ecuación de Hargreaves y Samani (1985) se deriva de la regresión del coeficiente de reducción de la temperatura y el factor de humedad, el déficit de presión de vapor e influenciada inversamente por el viento y la nubosidad. Por lo que este modelo permite estimar ET_0 cuando los datos de radiación solar neta no están disponibles o son cuestionables en términos de precisión (Ghiat et al., 2021).

La ecuación contempla un coeficiente de ajuste (C_H), mismo que ha sido generado a partir de registros de lisímetro:

$$ET_0 = 0.0023R_a(T + 17.8)(T_{max} - T_{min})^{0.5} \quad \text{Ec. 8}$$

donde R_a es la radiación extraterrestre que depende de la latitud y mes del año, T es la temperatura media, T_{max} y T_{min} , temperatura máxima y mínima, respectivamente.

El coeficiente de ajuste ha sido generado para regiones específicas, por lo que se ha visto que pueden existir sobreestimaciones de las tasas de ET, lo que puede representar un exceso de riego (Ghiat et al., 2021).

Modelo Priestley-Taylor

En una superficie evaporante si no hay limitación de agua, la atmósfera se mantiene en equilibrio con la superficie, el gradiente del déficit de presión de vapor se considera nulo, aunque rara vez se alcanza este equilibrio (Priestley & Taylor, 1972), incluso sobre superficies de agua líquida, y en consecuencia propusieron la Ec. 9 para la estimación de ET_0 :

$$ET_0 = \alpha(\Delta/(\Delta + \gamma))(R_n - G) \quad \text{Ec. 9}$$

donde ET_0 en Wm^{-2} , Δ es la pendiente de la curva de presión de vapor saturado ($kPa^{\circ}C^{-1}$), γ es la constante psicrométrica ($kPa^{\circ}C^{-1}$), λ calor latente de vaporización ($MJkg^{-1}$), G es el flujo de calor en el suelo ($MJkg^{-1}$), R_n es la radiación neta ($MJkg^{-1}$) y α es una constante igual a 1.26.

Evapotranspiración mediante teledetección

La ET puede ser medida utilizando lisímetros, estación covarianza de

flujos, evaporímetros, entre otros, sin embargo, estos son instrumentos muy caros, difíciles de operar y requieren mantenimiento especial, limitando su uso solo con fines de investigación puntual (Nicolás-Cuevas et al., 2020). La teledetección satelital gira en torno a la observación y medición de parámetros de superficie sin contacto físico con el sujeto de estudio. A la fecha se han desarrollado un gran número de técnicas y productos basados en la teledetección satelital a fin de mejorar la gestión de los recursos hídricos y comprender el vínculo entre las funciones ecosistémicas y climáticas. En las escalas espacial y temporal, la teledetección satelital es la única técnica disponible capaz de proporcionar mediciones representativas y que permite dar seguimiento a la distribución espacial de la evapotranspiración (Ait Hssaine et al., 2020).

La modelación espacial de la ET se ha convertido en una herramienta para estimar los flujos de superficie. Los datos de satélites de órbita polar han sido considerados de los datos satelitales más preciados. Proporcionan mediciones continuas y frecuentes de variables biofísicas que intervienen en la ET, tales como albedo, densidad y tipo de vegetación, temperatura de superficie (K. Zhang et al., 2016), entre otras. Actualmente, existe una gran variedad de enfoques y métodos para estimar ET a partir de teledetección, y a la fecha no hay consenso de qué modelo es mejor, ya que cada aproximación tiene ventajas y limitantes. Cada sensor presenta relación entre sus resoluciones; así, a mayor resolución espacial disminuye la temporal, y probablemente se reduzca también la espectral. El incremento en cualquiera de sus resoluciones significa incremento en volumen de datos, procesamiento y almacenamiento, de tal forma que los sensores ofrecen características particulares en función de los fines para los que fueron diseñados (Tabla 1)

Satélite	Resoluciones						Operación
	Espectral			Espacial (m)	Temporal (días)		
	VIS	IR	IRT				
Landsat 1-4	3	1	1		80	18	1972-1993
Landsat 5	3	3	1		30 y 60	16	1984-2013
Landsat 7	3	3	1	1	30,60 y 15	16	1999-
Landsat 8	3	3	2	1	30,100 y 15	16	2013-
Landsat 9	3	3	2	1	30,100 y 15	16	2021-
Sentinel 2	3	9			10,20 y 60	5	2015-
Spot 1-3	2	1		1	20 y 10	02-mar	1986-
Spot 4	2	2		1	20 y 10	02-mar	1998-
Spot 5	2	2		1	10,20, 5 y 2.5	02-mar	2002-
Spot 6	3	1		1	6 y 1.5	1	2012-
Aster	2	7	5		15,30 y 90	16	1999-
Ikonos	3		1		4 y 1	3	1999-
Quickbird	3	1		1	24.4 y 0.6	01-mar	2001-
					250		
Modis	10	7	17		500	0.5-2	1999/2002-
					1000		
NOAA14- AVHRR/2	1	2	2		1100	01-feb	1981-

VIS: visible, IR: infrarrojo, IRT: infrarrojo térmico y PAN: pancromática.

Tabla 1.- Características de los principales satélites utilizados en el monitoreo de la superficie terrestre.

En la literatura existen diferentes enfoques para clasificar los métodos satelitales para estimar ET, lo que ha sido una tarea difícil por su complejidad en cuanto a los módulos empíricos y físicos utilizados (Courault et al., 2005). En términos sencillos se pueden clasificar en las siguientes categorías: balance de energía y relación temperatura-vegetación.

Balance de energía: describe la partición de la energía en la superficie, en este enfoque el flujo de calor latente (LE) es estimado como un residuo de la energía de superficie.

$$LE = Rn - G - H \quad \text{Ec. 10}$$

donde los diferentes flujos se expresan en $W m^{-2}$. La radiación neta (Rn) es la energía disponible que se comparte entre el flujo de calor en el suelo (G) y los flujos de calor sensible (H) y latente (LE). Rn depende de la radiación solar incidente (Rg), la radiación atmosférica en el espectro térmico (Ra), el albedo superficial (α), la emisividad de superficie (ϵ_s) y la temperatura de superficie (T_s), quedando de la siguiente forma su expresión:

$$Rn = (1 - \alpha)Rg + \epsilon_s Ra - \epsilon_s \sigma T_s^4 \quad \text{Ec. 11}$$

El flujo de calor sensible (H) se calcula empleando la resistencia aerodinámica y la diferencia entre las temperaturas de entre la superficie del dosel (2 metros) y la parte inferior de la atmósfera:

$$H = (\rho cp(T_s - T_a))/r_a \quad \text{Ec. 12}$$

La resistencia aerodinámica (r_a) es función de la velocidad del viento, la estabilidad atmosférica y la rugosidad, que dependen de la altura, geometría y rugosidad de la vegetación.

El flujo de calor en el suelo (G) es un componente muy importante del cierre del balance superficial de energía. En pastizales y áreas agrícolas puede representar alrededor del 20% de la energía disponible ($Rn-G$), en áreas de suelo desnudo es un componente de mayor importancia. Sin embargo, su medición directa es un desafío, a menudo se utilizan las placas de flujo de calor en el suelo, mismas que deben enterrarse a profundidad en el suelo para evitar los efectos de los procesos suelo-atmósfera (Gao et al., 2017). En algunos estudios se considera un valor próximo a cero.

El flujo de calor latente (LE) es la cantidad de energía equivalente (Wm^{-2}) del flujo de ET ($kg-2s^{-1}$ o $mm \text{ día}^{-1}$), corresponde a la fracción de Rn disponible para la evapotranspiración, por lo tanto, es el término que se necesita estimar. Este flujo de energía es usado para transformar el

agua líquida en vapor de agua y se lo conoce también como calor latente de vaporización.

Los métodos basados en la relación índices espectrales de vegetación (Figura 6) y temperatura de superficie (Ts), permiten estimar la condición de la vegetación y de forma indirecta la ET. Utilizan la dispersión espacial de Ts y VI para particionar Rn en LE y H. El espacio Ts-VI suele presentar una forma geométrica (triangular, trapezoidal o rectangular), cuyos límites pueden interpretarse en términos de límites de evaporación (Martínez Pérez et al., 2017). Este enfoque considera la idea de píxeles húmedos y secos, y con suficientes datos (píxeles) se presenta un borde superior (seco o cálido) que corresponde a nula ET, mientras que el límite inferior (húmedo o frío) representa la ocurrencia de ET.

Retos y limitantes en la estimación de et satelital

Son varios los métodos desarrollados a partir de sensores remotos y mucho del éxito se debe a que proporciona datos espacial e instantáneamente de las principales variables de superficie como albedo, fracción de la vegetación, temperatura de superficie, radiación neta, humedad del suelo, entre otros. En este sentido la escala temporal, que ha sido reconocida como una ventaja, también es una limitante, ya que se tiene que convertir la ET instantánea a un valor de tiempo más largo (día, semana, mes, año). A continuación, se muestran algunos de los métodos satelitales para estimar evapotranspiración (tabla 2).

Autor	Ventaja	Limitante
Menenti & Choudhury (1993)	Relaciona el efecto de Ts directamente a LE	Requiere mediciones en campo
Norman, Kustas & Humes (1995)	Elimina la necesidad de correcciones empíricas	Se requieren muchos parámetros y componentes locales
Bastiaanssen, Menenti, Feddes & Holtslag (1998)	Calibración interna automática	Posee incertidumbres en la determinación de los píxeles de anclaje
Roerink, Su, & Menenti (2000)	No se requieren parámetros de mediciones in situ	Las temperaturas extremas son específicas para cada lugar y tiempo

Autor	Ventaja	Limitante
Su (2002)	Incertidumbre a partir de Ts y parámetros meteorológicos se reduce considerablemente.	Requiere muchos parámetros de entrada
Loheide & Gorelick (2005)	Requiere datos de la estación meteorológica local	Bajo diferentes condiciones aumenta su margen de error
Anderson, Norman, Me-cikalski, Otkin, & Kustas (2007)	Mínimiza la necesidad de utilizar datos meteorológicos	Existen errores en la calibración del sensor y la corrección atmosférica

Tabla 2. Resumen de algunos de los métodos más utilizados para calcular ET a partir de teledetección. (Anderson et al., 2005, 2007; Bhattarai et al., 2016; Loheide II & Gorelick, 2005; Roerink et al., 2000; Su, 2002).

Con la llegada de la nueva tecnología de satélites, los desarrollos entorno a la estimación de ET se ha convertido en un desafío y un área de desarrollo continuo. Son varias las herramientas y portales que integran estiman y permiten un análisis visual de componentes de la evapotranspiración.

Es el caso de del portal EEFlux (Earth Engine Evapotranspiration Flux)ⁱ es una versión de METRIC que opera en el sistema Google Earth Engine. EEFlux ha sido desarrollado por el consorcio de la Universidad de Nebraska-Lincoln, el Instituto de Investigación del Desierto y la Universidad de Idaho con el apoyo financiero de Google.

Procesa escenas Landsat de cualquier período desde 1984 hasta el presente y para casi todas las áreas terrestres del Globo. Utiliza datos meteorológicos a nivel mundial para calibrar el balance de energía superficial para la imagen, de tal forma que la ET real se calcula como un residuo del balance de energía superficial.

Así mismo el portal OpenETⁱⁱ proporciona estimaciones satelitales de ET para mejorar la gestión del agua. Las entradas principales incluyen datos de Landsat, Sentinel-2, GOES y otros satélites; redes y modelos de estaciones meteorológicas; y conjuntos de datos de límite de campo y tipo de cultivo. Los datos satelitales de Landsat son una de las entradas más importantes para los modelos ET, para medir patrones en la tempe-

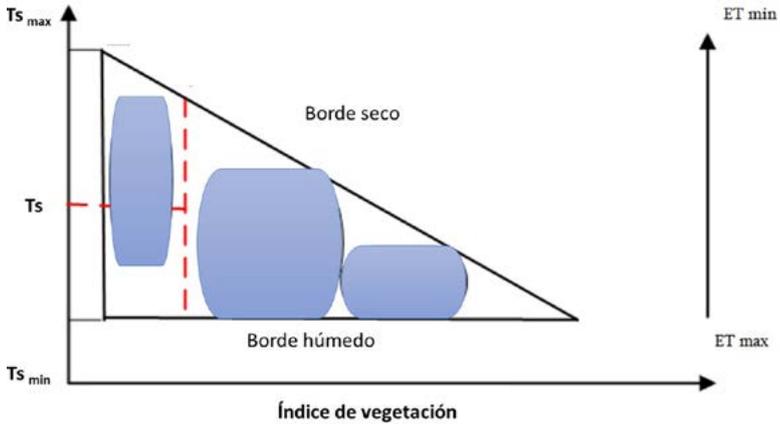


Figura 6. Esquema simplificado del espacio triangular Ts-VI. (Tomado y modificado de Li et al., 2009)

ratura de la superficie terrestre y la extensión y condición de la vegetación a escala de campo.

Otro de los insumos que ha tenido gran aplicación por usuarios que desean conocer la dinámica espaciotemporal de la ET₀ en una región a escala espacial gruesa (500 m), es el producto de MOD16. Este producto se ha convertido en un referente a nivel mundial, con una base de datos vasta y continua.ⁱⁱⁱ

Agricultura de riego

La producción agrícola es dependiente de la dinámica de condiciones tales como el clima y la humedad del suelo, por lo que muy poco control se puede tener en condiciones abiertas. La agricultura ocupa el 70% del agua dulce, y suena alarmante este consumo si lo relacionamos con la necesidad de contar con más alimentos debido al crecimiento demográfico. Las proyecciones indican que para el año 2050 la producción agrícola deberá aumentar casi un 70% (Banco Mundial, 2022), y en este sentido la FAO (Organización de alimentos y agricultura, por sus siglas en inglés) proyectó la demanda global de agua para agricultura de un 11%, considerando la línea base de 2006. La agricultura de riego puede generar mayor rendimiento comparada con la agricultura de secano o temporal. A nivel mundial la agricultura de riego representa el 20% de la superficie cultivada, pero aporta el 40% de la producción total de alimentos, es de-

cir, en términos generales es el doble de productiva que la agricultura de temporal o secano, permitiendo una mayor producción y diversificación de cultivos, representando una contribución significativa en términos de seguridad alimentaria (Wanniarachchi & Sarukkalgige, 2022).

La agricultura es una actividad económica con objetivos diferentes, es la principal proveedora de alimentos a nivel mundial, asimismo es una de las principales actividades de las zonas rurales. En ciertas regiones, es la única actividad posible, y por tanto la única posibilidad de crecimiento económico (Ochoa-Noriega et al., 2020). En México la agricultura es un sector de gran importancia, de acuerdo con datos de la FAO el 48% del territorio se considera agrícola (FAO, 2019). Sin embargo, existen grandes retos en la agricultura de riego, ya que en muchos casos presentan bajas eficiencias de operación. Para el caso de México los distritos de riego operan con eficiencia del 37%, y las unidades de riego con 57% (Olvera Salgado et al., 2014). Los cultivos de riego requieren grandes aportes de agua y son pieza fundamental para la producción de alimentos. Cabe destacar que se consideran cultivos de riego aquellos que en el transcurso de su desarrollo vegetativo se benefician con el agua de riego, y se consideran aquellos que reciben desde un solo riego hasta los que reciben varios.

Caso de estudio: distrito de riego 001 “pabellón” Área de estudio

La zona semiárida del altiplano central mexicano se caracteriza por ser una región con un desarrollo económico importante y diversos problemas ambientales como la sobreexplotación y contaminación de acuíferos, la agricultura intensiva, sequías (Ortega Gaucin & Velasco Velasco, 2013) y desertificación (Becerril-Pina et al., 2015).

Para este estudio se seleccionó el Distrito de Riego 001 Pabellón, localizado al norte del estado de Aguascalientes, abarca parte de los municipios de Tepezalá, Pabellón de Arteaga y Rincón de Romos (Figura 7). La principal fuente de abastecimiento es la presa Plutarco Elías Calles, construida durante los años 1926-1930, además de los pozos profundos, cabe destacar que cuenta con un solo módulo de riego integrado por 19 secciones.

La zona presenta un clima semiárido con lluvias en verano (Bs), temperatura media anual de 18°C, con una precipitación media anual de 448 mm, concentrándose el 75% de junio a septiembre, con la ocurrencia de heladas de noviembre a febrero. La flora de la región está comprendida

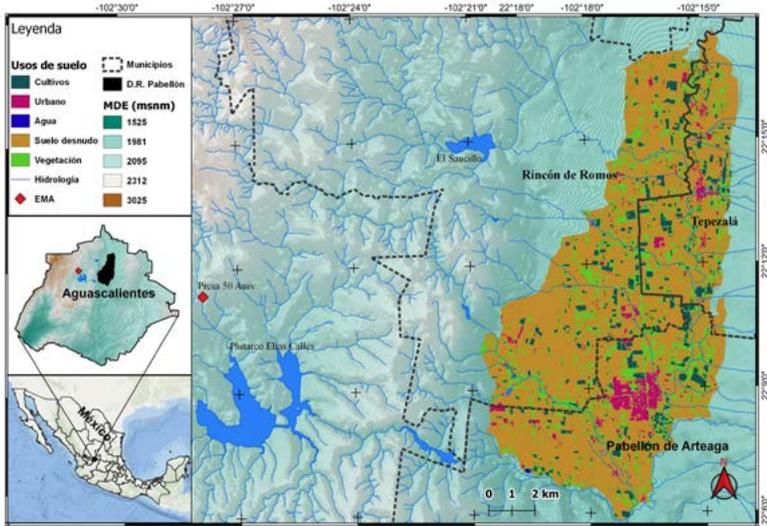


Figura 7. Localización del Distrito de Riego 001 Pabellón, se muestran usos de suelo, hidrología y modelo digital de elevación. Elaboración propia con datos de Landsat 5, INEGI y CONABIO

por matorral subtropical, crasicaule y pastizal. La topografía de la zona es ligeramente plana 1900 msnm, apta para las actividades agrícolas, siendo maíz, alfalfa, hortalizas y avena los principales cultivos de riego. Es de resaltar el incremento en las tasas de producción durante los últimos seis años rebasando las 300,000,000 toneladas (Tabla 3).

El Distrito de Riego Pabellón fue el primer distrito de riego en el país y desde hace casi una década se ha proyectado su modernización, contempla una red de suministro de agua a presión y sistema de riego por goteo, con el objetivo de incrementar la eficiencia por arriba del 76%, ya que hoy día presenta una eficiencia aproximada del 47%.

Año	Cultivos de mayor superficie	Superficie sembrada (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Producción (Ton)	Volumen agua (miles m ³)
1998	maíz, alfalfa, ajo, papa	8,335	29.30	244,287	81,392
1999	maíz, alfalfa, ajo, papa	7,645	20.10	153,917	76,700
2000	maíz, alfalfa, ajo, papa	5,734	22.00	126,035	59,952
2001	maíz, alfalfa, ajo, papa	6,685	25.30	169,151	66,584
2002	maíz, alfalfa, ajo, avena	7,618	24.66	187,887	54,891
2003	maíz, alfalfa, avena	8,705	23.55	204,970	65,893
2004	maíz, alfalfa, avena	8,885	26.72	237,408	50,526
2005	maíz, alfalfa, avena	8,388	25.10	210,533	79,816
2006	maíz, alfalfa, chile	7,868	27.83	218,982	62,328
2007	maíz, alfalfa, avena	7,873	26.33	207,275	64,237
2008	maíz, alfalfa, chile	7,036	33.80	237,851	49,938
2009	maíz, alfalfa, hortalizas	7,591	32.68	248,077	73,026
2010	maíz, alfalfa, hortalizas	7,757	32.60	252,898	56,211
2011	maíz, alfalfa, hortalizas	7,631	36.72	280,204	70,223
2012	maíz, alfalfa, col	4,331	23.38	101,254	35,389
2013	maíz, alfalfa, brócoli	4,400	26.23	115,405	33,590
2014	maíz, alfalfa, brócoli	5,616	22.80	128,063	44,552
2015	maíz, alfalfa, brócoli	6,019	40.58	242,642	47,731
2016	maíz, alfalfa, brócoli	6,553	47.89	313,844	49,200
2017	maíz, alfalfa, avena	6,606	49.43	326,561	48,020
2018	maíz, alfalfa, avena	7,052	48.48	341,910	55,825
2019	maíz, alfalfa, avena	8,064	51.24	413,175	67,312
2020	maíz, alfalfa, avena	8,514	53.39	454,583	59,245
2021	maíz, alfalfa, avena	8,578	54.06	463,733	55,112

Tabla 3. Estadísticas de siembra, cosecha y riego del DR Pabellón. CONAGUA, 2023.

De acuerdo con registros de 1998 al 2021 de CONAGUA, en promedio el 42.45% de la superficie se riega con agua superficial y el 59.52% con agua de pozos, es decir, agua subterránea. En promedio en el DR se

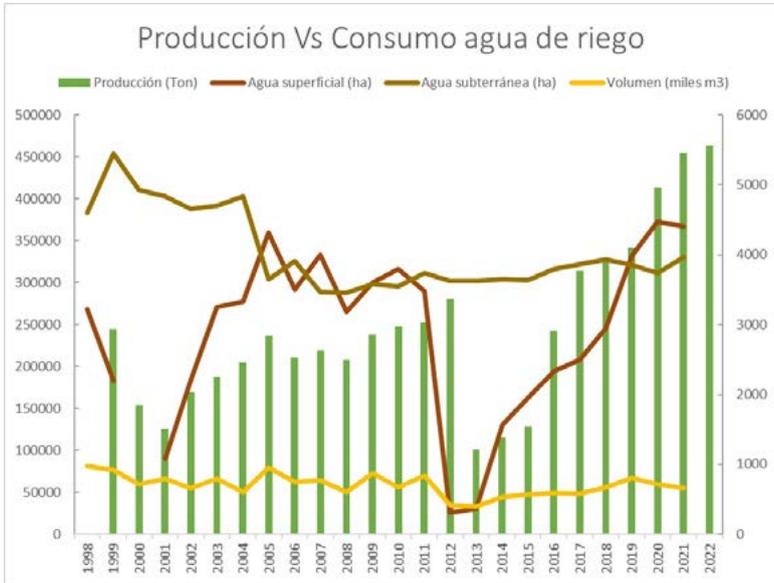


Figura 8. Uso de agua superficial, subterránea y producción en el DR001. (CONAGUA, 2023).

consume cada año alrededor de 58,654 miles m³, aunque ha habido años donde el consumo es superior a 80,000 miles m³ (año 1998), y también menor a 33,590 miles m³ (año 2013) (tabla 3 y Figura 8).

Metodología

A fin de identificar las tasas de evapotranspiración en el DR001, se delimitó la zona de estudio (poligonal) y se caracterizó la climatología de la región, a partir de registros de la base daymet^{iv} del periodo 2012 al 2022. Se descargaron los registros del píxel centroe del distrito de riego de las variables: precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima de forma diaria, con el objetivo de identificar el comportamiento mensual.

Con el objetivo de conocer la dinámica temporal de la ET en el Distrito de Riego 001 Pabellón, localizado en Aguascalientes, se utilizó el producto de MODIS referente a las tasas de evapotranspiración, con resolución temporal de 8 días (mm 8 días⁻¹) y resolución espacial de 500 metros (MOD16A2). El algoritmo utilizado para calcular ET, se basa en la ecuación de Penman-Monteith, que incluye reanálisis de datos meteorológicos diarios y productos satelitales MODIS, como índices de vege-

tación, albedo y uso de suelo y vegetación. Se descargaron los datos de MOD16 mediante la herramienta AppEEARS.^v

Esta aplicación permite extraer y explorar datos, ofrece a los usuarios acceso y transformación de datos satelitales de una forma simple y eficiente. Presenta resultados y estadísticas resumidas, lo que permite una previsualización de datos y permite determinar la conveniencia de descargar o no la base completa. Para este caso se trabajaron las tasas de evapotranspiración acumulada en 8 días, este es el producto original que proporciona MOD16, pero dado, que no es tan conveniente trabajar con periodos de ocho días, se desagregó a escala diaria, para luego integrar el acumulado mensual y anual. Por último, se calculó la tasa de evapotranspiración media mensual para el periodo 2012-2022.

Resultados y discusión

El DR001 presenta variación mensual y estacional en su climatología, y al parecer en los últimos años se muestra disminución de precipitación no solo en cantidad si no en frecuencia, en este sentido sería interesante realizar a un estudio más detallado para poder identificar si se trata de cambio o variabilidad climáticos. Acorde con la base de datos, la precipitación media del periodo es de 396 mm/año^{-1} , aunque para el año 2013 se registró precipitación de hasta 729 mm/año^{-1} , caso contrario para el año 2022 solo se registraron 198 mm/año^{-1} . Los meses de estiaje suelen comprender de diciembre a mayo, siendo julio y septiembre los meses donde se presentan las mayores tasas de precipitación. Para el caso de la temperatura máxima se observa un incremento de aproximadamente 1°C la temperatura, con respecto a la temperatura máxima media del periodo (26.5°C). En la temperatura mínima no se observan cambios significativos durante el periodo de análisis, identificándose una temperatura mínima media de 10.3°C (Figura 9).

Si bien es cierto en un distrito de riego la precipitación no es del todo una variable limitante para la producción agrícola, si suele representar un apoyo significativo ya que en la mayoría de los casos se tiene una concesión limitada y no es posible hacer uso de agua tantas veces como se requiera en las etapas fenológicas de los cultivos. Además, se debe considerar que la demanda atmosférica de agua se hace más elevada en los meses de abril a julio, que en muchos cultivos es cuando más requieren agua los cultivos y si no es posible suministrar agua, puede afectar la producción total.

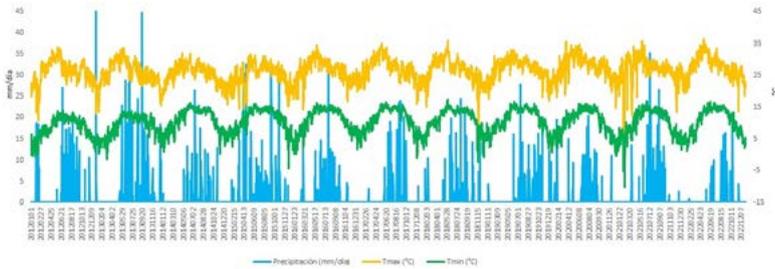


Figura 9. Comportamiento diario de precipitación, temperatura máxima y mínima en el DR001. (2012–2022).

Una vez identificada la dinámica de la climatología en el DR001, se trabajó con los datos de evapotranspiración del producto MOD16A2. Este producto ha sido utilizado como referente en distintas regiones. Asimismo, se ha identificado que el producto requiere corrección acorde a la condición climática de la región (Degano et al., 2021) y que la escala temporal a la cual se realiza el estudio puede ser un factor muy importante en los resultados que se presentan. Cabe destacar que en la región de estudio no se cuenta con un instrumento de medición de evapotranspiración, por lo que no fue posible comparar y determinar el error de estimación del producto MOD16A2, además no es el objetivo de dicho estudio, aunque sería ideal realizar la validación para la zona de estudio, dada la importancia del DR001.

En términos generales se aprecia que las tasas de ET presentan dinámica estacional, siendo los meses de temporada de lluvia los más dinámicos (Figura 10). En los meses de diciembre a mayo se presentan tasas de evapotranspiración diaria muy bajas ($\approx 1 \text{ mm/día}^{-1}$) aunque hay días donde las tasas pueden ser de hasta 3 mm/día^{-1} .

Como se mencionó en la metodología, se integraron todos los datos de ET a nivel mensual para los 11 años del periodo y se estimó la tasa media mensual. Se identificó que las tasas medias de abril son las más bajas del año con apenas 15 mm y las más altas se presentan en el mes de agosto con un valor medio de 66 mm.

En la escala anual el año 2012 presentó las tasas de ET más bajas (300 mm/año^{-1}), en tanto que el año 2015 fue identificado como el periodo con evapotranspiración total próxima a los 500 mm. Con la información analizada es posible calcular los totales y asumir que la dinámica espacial está considerada en este análisis, sin embargo, para más detalle y pro-

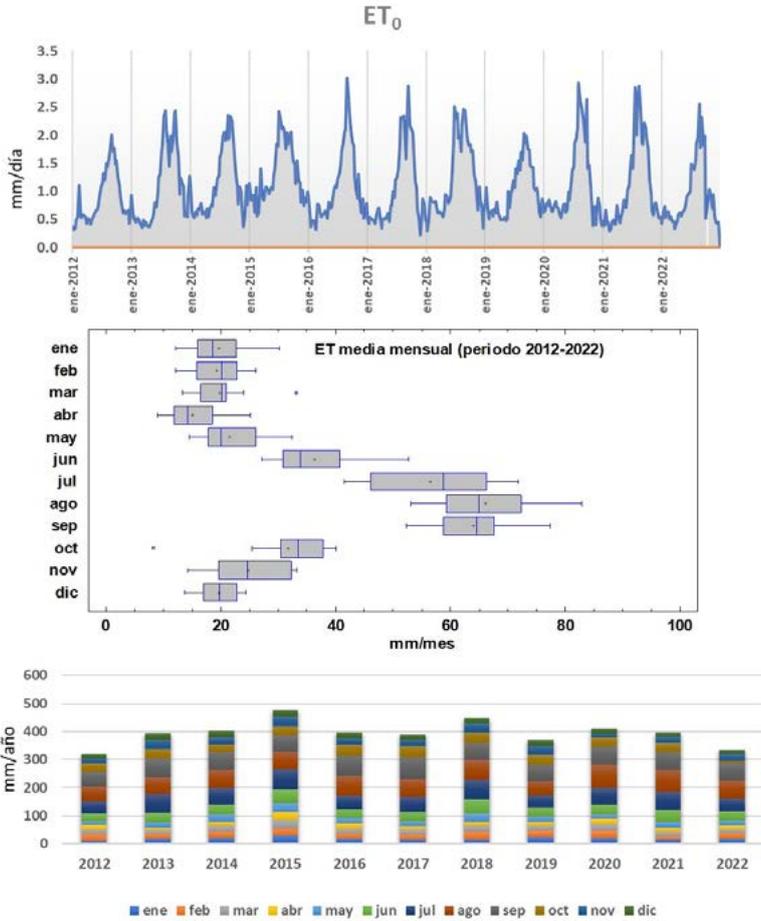


Figura 10. Dinámica temporal de la evapotranspiración de referencia en el DR001. (2012-2022).

fundidad en el área de estudio sería conveniente calcular ET a partir de imágenes Landsat y determinar a mayor resolución como es la dinámica de la ET por usos de suelo y por tipo de cultivo, y de ser posible validar las estimaciones con mediciones puntuales.

Conclusiones

El presente capítulo presenta dos secciones, en la primera sección se hace recopilación general de conceptos, métodos y enfoques existentes para resolver la desafiante y crucial estimación de la evapotranspiración. La evapotranspiración es uno de los componentes del ciclo hidrológico más difíciles de comprender y estimar. La importancia de analizar la evapotranspiración es debido a las implicaciones que tiene en la disponibilidad hídrica, los requerimientos hídricos en la agricultura, y por tanto la gestión hídrica.

A la fecha no existe un mejor o peor método, ya que cada uno brinda una aproximación con ventajas y limitaciones. Si bien la evapotranspiración puede ser estimada a partir de datos meteorológicos (temperatura, humedad, radiación neta, etc.), existen instrumentos que brindan de forma puntual una aproximación real, y estas mediciones son la base insuperable para poder validar aproximaciones. Los estudios que han sido calibrados y validados son una posibilidad para aquellas regiones, principalmente países en desarrollo, donde la instalación, operación y mantenimiento de equipo para medir ET no es posible o al menos no al nivel requerido. Por lo que la elección de método y enfoque obedece en muchos casos a la disponibilidad de datos para resolver un algoritmo o bien las necesidades del usuario (tiempo y espacio).

Los métodos satelitales para estimar ET se han convertido en una herramienta accesible y de gran utilidad en diferentes escalas. A la fecha se han desarrollado productos y aplicaciones con el objetivo de brindar datos para aquellos lugares donde no es posible tener mediciones puntuales y continuas. Como caso de estudio se analizó el producto de evapotranspiración de la base de datos satelital MODIS, para el Distrito de riego Pabellón. Aunque los datos son de resolución espacial gruesa, brindan la posibilidad de establecer tasas de evapotranspiración para el distrito de riego a escala anual, mensual y diaria.

Las expectativas a futuro se siguen incrementando; actualmente se cuenta con grandes bases de datos de imágenes de satélite y de distintas variables meteorológicas que con la llegada del data mining y machine learning, ahora es posible tener mejores estimaciones espacio temporales de la evapotranspiración real. Incluso estas estimaciones se pueden hacer en tiempo real y cada vez son de más fácil acceso, lo cual permitirá mejorar entre muchas otras cosas la agricultura de precisión.

Referencias bibliográficas

- Ait Hssaine, B., Merlin, O., Ezzahar, J., Ojha, N., Er-Raki, S., & Khabba, S. (2020). An evapotranspiration model self-calibrated from remotely sensed surface soil moisture, land surface temperature and vegetation cover fraction: Application to disaggregated SMOS and MODIS data. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24(4), 1781–1803.
- Allen, R. G., & Pereira, L. S. (2009). Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height. *Irrigation Science*, 28, 17–34.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, 300(9), D05109.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO, 298(0).
- Alsumaiei, A. A. (2020). Utility of artificial neural networks in modeling pan evaporation in hyper-arid climates. *Water*, 12(5), 1508.
- Anderson, M. C., Norman, J. M., Kustas, W. P., Li, F., Prueger, J. H., & Mecikalski, J. R. (2005). Effects of vegetation clumping on two-source model estimates of surface energy fluxes from an agricultural landscape during SMACEX. *Journal of Hydro-meteorology*, 6(6), 892–909.
- Anderson, M. C., Norman, J. M., Mecikalski, J. R., Otkin, J. A., & Kustas, W. P. (2007). A climatological study of evapotranspiration and moisture stress across the continental United States based on thermal remote sensing: 2. Surface moisture climatology. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 112(D11).
- Arora, V. (2002). Modeling vegetation as a dynamic component in soil vegetation atmosphere transfer schemes and hydrological models. *Reviews of Geophysics*, 40(2), 3–1.
- Aryalekshmi, B., Biradar, R. C., Chandrasekar, K., & Ahamed, J. M. (2021). Analysis of various surface energy balance models for evapotranspiration estimation using satellite data. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(3), 1119–1126.

- Banco Mundial. (2022). El agua en la agricultura. <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#:~:text=El%20agua%20es%20un%20insumo,alimentos%20en%20todo%20el%20mundo>.
- Becerril-Pina, R., Mastachi-Loza, C. A., González-Sosa, E., Díaz-Delgado, C., & Bá, K. M. (2015). Assessing desertification risk in the semi-arid highlands of central Mexico. *Journal of Arid Environments*, 120, 4–13.
- Bhattarai, N., Shaw, S. B., Quackenbush, L. J., Im, J., & Niraula, R. (2016). Evaluating five remote sensing based single-source surface energy balance models for estimating daily evapotranspiration in a humid subtropical climate. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 49, 75–86.
- CONAGUA. (2023). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. <https://www.gob.mx/conagua/documentos/estadisticas-agricolas-de-los-distritos-de-riego>
- Courault, D., Seguin, B., & Olioso, A. (2005). Review on estimation of evapotranspiration from remote sensing data: From empirical to numerical modeling approaches. *Irrigation and Drainage systems*, 19(3–4), 223–249.
- Degano, M. F., Rivas, R. E., Carmona, F., Niclòs, R., & Sánchez, J. M. (2021). Evaluation of the MOD16A2 evapotranspiration product in an agricultural area of Argentina, the Pampas region. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(2), 319–328.
- Drexler, J. Z., Snyder, R. L., Spano, D., & Paw U, K. T. (2004). A review of models and micrometeorological methods used to estimate wetland evapotranspiration. *Hydrological processes*, 18(11), 2071–2101.
- Elnashar, A., Wang, L., Wu, B., Zhu, W., & Zeng, H. (2021). Synthesis of global actual evapotranspiration from 1982 to 2019. *Earth System Science Data*, 13(2), 447–480.
- FAO. (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Countries. Mexico. FAO. <https://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?iso3=MEX>

- Fisher, J. B., Melton, F., Middleton, E., Hain, C., Anderson, M., Allen, R., McCabe, M. F., Hook, S., Baldocchi, D., & Townsend, P. A. (2017). The future of evapotranspiration: Global requirements for ecosystem functioning, carbon and climate feedbacks, agricultural management, and water resources. *Water resources research*, 53(4), 2618–2626. <https://doi.org/10.1002/2016WR020175>
- Gao, Z., Russell, E. S., Missik, J. E., Huang, M., Chen, X., Strickland, C. E., Clayton, R., Arntzen, E., Ma, Y., & Liu, H. (2017). A novel approach to evaluate soil heat flux calculation: An analytical review of nine methods. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 122(13), 6934–6949.
- Gavilán, P., & Castillo-Llanque, F. (2009). Estimating reference evapotranspiration with atmometers in a semiarid environment. *Agricultural Water Management*, 96(3), 465–472.
- Ghiat, I., Mackey, H. R., & Al-Ansari, T. (2021). A review of evapotranspiration measurement models, techniques and methods for open and closed agricultural field applications. *Water*, 13(18), 2523.
- Javadian, M., Behrangi, A., Smith, W. K., & Fisher, J. B. (2020). Global trends in evapotranspiration dominated by increases across large cropland regions. *Remote Sensing*, 12(7), 1221. <https://doi.org/10.3390/rs12071221>
- Kang, M., & Cho, S. (2021). Progress in water and energy flux studies in Asia: A review focused on eddy covariance measurements. *Journal of Agricultural Meteorology*, 77(1), 2–23.
- Knox, J., Rodriguez-Diaz, J., & Hess, T. (2011). Estimating evapotranspiration by using atmometers for irrigation scheduling in a humid environment. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 137(11), 685–691.
- Krishna, P. (2019). Evapotranspiration and agriculture—A review. *Agricultural Reviews*, 40(1), 1–11. <http://dx.doi.org/10.18805/ag.R-1848>
- Li, Z.-L., Tang, R., Wan, Z., Bi, Y., Zhou, C., Tang, B., Yan, G., & Zhang, X. (2009). A review of current methodologies for regional evapotranspiration estimation from remotely sensed data. *Sensors*, 9(5), 3801–3853.

- Likens, G. E. (2009). *Encyclopedia of inland waters*. Elsevier.
- Liu, J., You, Y., Li, J., Sitch, S., Gu, X., Nabel, J. E., Lombardozzi, D., Luo, M., Feng, X., & Arneeth, A. (2021). Response of global land evapotranspiration to climate change, elevated CO₂, and land use change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 311, 108663.
- Llanque, F. J. C., & Zafra, P. G. (2009). Programación de los riegos mediante el uso de un evaporímetro: Evita realizar cálculos complicados para obtener la evapotranspiración de un cultivo. *Vida rural*, 291, 32–35.
- Loheide II, S. P., & Gorelick, S. M. (2005). A local-scale, high-resolution evapotranspiration mapping algorithm (ETMA) with hydroecological applications at riparian meadow restoration sites. *Remote Sensing of Environment*, 98(2–3), 182–200.
- Martínez Pérez, J. Á., García-Galiano, S. G., Martín-Gorrioz, B., & Baille, A. (2017). Satellite-based method for estimating the spatial distribution of crop evapotranspiration: Sensitivity to the Priestley-Taylor coefficient. *Remote Sensing*, 9(6), 611.
- Nicolás-Cuevas, J. A., Parras-Burgos, D., Soler-Méndez, M., Ruiz-Canales, A., & Molina-Martínez, J. M. (2020). Removable weighing lysimeter for use in horticultural crops. *Applied Sciences*, 10(14), 4865. <https://doi.org/10.3390/app10144865>
- Ochoa-Noriega, C. A., Aznar-Sánchez, J. A., Velasco-Muñoz, J. F., & Álvarez-Bejar, A. (2020). The use of water in agriculture in Mexico and its sustainable management: A bibliometric review. *Agronomy*, 10(12), 1957.
- Ojeda, M. G.-V., Rosa-Cánovas, J. J., Romero-Jimenez, E., Yeste, P., Gamiz-Fortis, S. R., Castro-Diez, Y., & Esteban-Parra, M. J. (2020). The role of the surface evapotranspiration in regional climate modelling: Evaluation and near-term future changes. *Atmospheric Research*, 237, 104867.
- Oki, T., & Kanae, S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, 313(5790), 1068–1072.
- Olvera Salgado, D., Bahena Delgado, G., Alpuche Garcés, Ó., & García Matías, F. (2014). La tecnificación del riego ante la escasez del agua para la generación de alimentos: Estudio de caso en Chihuahua, México. <http://hdl.handle.net/20.500.12013/1971>

- Ortega Gaucin, D., & Velasco Velasco, I. (2013). Aspectos socioeconómicos y ambientales de las sequías en México.
- Pan, S., Pan, N., Tian, H., Friedlingstein, P., Sitch, S., Shi, H., Arora, V. K., Haverd, V., Jain, A. K., & Kato, E. (2020). Evaluation of global terrestrial evapotranspiration using state-of-the-art approaches in remote sensing, machine learning and land surface modeling. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24(3), 1485–1509.
- Priestley, C. H. B., & Taylor, R. J. (1972). On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly weather review*, 100(2), 81–92.
- Roerink, G., Su, Z., & Menenti, M. (2000). S-SEBI: A simple remote sensing algorithm to estimate the surface energy balance. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 25(2), 147–157.
- Schwalm, C. R., Huntinzger, D. N., Michalak, A. M., Fisher, J. B., Kimball, J. S., Mueller, B., Zhang, K., & Zhang, Y. (2013). Sensitivity of inferred climate model skill to evaluation decisions: A case study using CMIP5 evapotranspiration. *Environmental Research Letters*, 8(2), 024028.
- Su, Z. (2002). The Surface Energy Balance System (SEBS) for estimation of turbulent heat fluxes. *Hydrology and earth system sciences*, 6(1), 85–99.
- Vaughan, P., Trout, T., & Ayars, J. E. (2007). A processing method for weighing lysimeter data and comparison to micrometeorological ET_o predictions. *Agricultural water management*, 88(1–3), 141–146.
- Villazón Gómez, J. A., Noris Noris, P., Vázquez Montenegro, R. J., Martín Gutiérrez, G., & Cobo Vidal, Y. (2021). Coeficiente Kp del tanque evaporímetro clase "A" para la estimación de la evapotranspiración de referencia. *Idesia (Arica)*, 39(3), 111–115.
- Wanniarachchi, S., & Sarukkalgige, R. (2022). A review on evapotranspiration estimation in agricultural water management: Past, present, and future. *Hydrology*, 9(7), 123.
- Zhang, J., Bai, Y., Yan, H., Guo, H., Yang, S., & Wang, J. (2020). Linking observation, modelling and satellite-based estimation of global land evapotranspiration. *Big Earth Data*, 4(2), 94–127.

- Zhang, K., Kimball, J. S., & Running, S. W. (2016). A review of remote sensing based actual evapotranspiration estimation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 3(6), 834–853.
- Zhang, Liu, C., Lei, Y., Tang, Y., Yu, Q., Shen, Y., & Sun, H. (2006). An integrated algorithm for estimating regional latent heat flux and daily evapotranspiration. *International Journal of Remote Sensing*, 27(1), 129–152. <https://doi.org/10.1080/01431160500159743>

Notas

- i <http://eeflux-level1.appspot.com/>
- ii <https://openetdata.org/>
- iii <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod16a2v006/>.
- iv <https://daymet.ornl.gov/>
- v <https://lpdaac.usgs.gov/tools/appeears/>

Crecimiento urbano y pérdida de recursos naturales en ciudades del Sureste de México

Lupita Herminia Triana-Acevedo¹, Miguel Ángel Palomeque de la Cruz², Silvia del C. Ruiz-Acosta^{3}, Tania Gudelia Núñez-Magaña² y Adalberto Galindo-Alcántara²*

Resumen

Se determinó la pérdida de recursos naturales ocasionados por la expansión urbana en ciudades del Sureste de México mediante modelación del cambio de uso de suelo en dos periodos de tiempo (rango de 1995-2020). Como resultado global se obtuvo que, en conjunto, el crecimiento urbano fue de 44,841 ha, mientras que la deforestación fue de 33,845. El cálculo de las transiciones demostró (1) el remplazo de coberturas de vegetación arbórea a uso urbano y (2) el desplazamiento de pastizales a uso urbano. Los efectos de la pérdida de los recursos naturales han sido la pérdida de servicios ecosistémicos de control de inundaciones, protección contra huracanes, regulación de la temperatura, y pérdida de la biodiversidad. El deterioro ambiental estudiado afecta principalmente a la calidad de vida de población más vulnerable en la región.

Palabras clave: humedales, vegetación arbórea, uso de suelo

Introducción

América Latina es la zona geográfica subdesarrollada más urbanizada del mundo, ya que el 79,5 % de su población vive en áreas urbanas y periurbanas (Montero y García, 2017). México no escapa de esta problemática, porque el 83% de su población está concentrada en ciudades que a su vez desplazan diversos tipos de ecosistemas terrestres y acuáticos (Velázquez et al., 2002). Los bosques primarios de México han tenido un 25.7 % de

1 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. Egresada de la Maestría en Ciencias Ambientales.

2 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas

3 Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca
silvia.ra@zolmeca.tecnm.mx

deforestación en un período de 25 años, de 1990 a 2015, debido en su mayoría a la expansión agrícola y urbana (Méndez et al., 2018). En México, de 1970 a 1990, se han calculado tasas de cambio de uso del suelo de 0.25 % y 0.76 % por año para los bosques templados y selvas tropicales, respectivamente (Mas et al., 2004; Velázquez et al., 2002).

Debido a su situación geográfica, ecológica y climática, el Sureste de México ha sido considerada como el epicentro de la mega diversidad biológica, con gran importancia regional, nacional e internacional en el ámbito de la conservación de los ecosistemas de América (Aguilar-Domínguez, 2003). En la región prevalecen los climas tropicales húmedo y seco, en la Península de Yucatán, y en los estados de Quintana Roo y Yucatán, hay una extensión de superficies áridas y semiáridas (SCT, 2001). En el territorio predominan los ecosistemas de bosque tropical húmedo, los Bosques de pino y pino-encino particularmente en los Altos de Chiapas, y posee la tercera diversidad de mamíferos de la nación (De Jong, 2001; Montoya-Gómez et al., 2010; Pérez-Bocanegra et al., 2014). También se dan las condiciones para el desarrollo de ecosistemas de humedales costeros, lacustres, palustres y ribereños asociados a pastizales tropicales, principalmente en la llanura del Golfo de México (Aguilar-Domínguez, 2003).

Por su importancia económica, esta región ha experimentado importantes transformaciones durante inicios de los años setenta por llegada de la extracción de hidrocarburos por parte de PEMEX, el desarrollo turístico internacional y otros sectores que cambiaron el panorama económico y aceleraron el crecimiento poblacional y urbano (García, 1984). En la región existen sitios de origen prehispánico Olmeca y Maya que brindan desarrollo turístico y económico; además, se está ejecutando el proyecto Tren Maya que recorrerá una distancia de 1,500 km aproximadamente y pasará por los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, siendo considerada como la pieza más visible del llamado Proyecto de Reordenamiento Territorial del Sur Sureste (Flores et al., 2019; Casanova-Casañas, 2021). Debido al desarrollo económico de la región, en la mayoría de las ciudades del Sureste, los procesos de urbanización se han caracterizado por la precariedad de servicios, empleo, seguridad y bienestar social; incluso en términos de vivienda, se observan archipiélagos de población de escasos recursos, donde crecen los problemas de déficit de servicios públicos, educación y salud (Michel & Ribardiére, 2017; Garza, 2002).

A pesar de los esfuerzos de la creación de programas de planificación territorial, los estudios de cambio de uso del suelo en México indican

que las selvas tropicales son las más deforestadas en primer lugar por el desarrollo agropecuario, impulsado por programas de apoyo directos al sector rural como PROCAMPO, PROGAN y en segundo lugar por la expansión urbana irregular (Challenger & Soberón, 2008; Cantú-Ayala et al., 2013; Romero-Montero & Ellis, 2016; Gómez-Ruíz et al., 2020). Además, se desconocen los recientes procesos de urbanización en las ciudades Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán, y los remplazos de coberturas arbóreas, humedales, así como su cercana relación con los efectos que han disminuido el mantenimiento de los ecosistemas, la biodiversidad y la calidad de vida de las poblaciones. Obtener esta información es primordial para establecer estrategias de planeación ambiental, ordenamiento ecológico, territorial, y restauración de ecosistemas (Villaseñor et al., 2017).

Este estudio tuvo como objetivo determinar la pérdida de recursos naturales ocasionados por la expansión urbana de las últimas tres décadas en siete ciudades del Sureste de México. Para ello se realizó una serie de modelaciones del cambio de uso de suelo en dos periodos de tiempo, empleando Land Change Modeler for Ecological Sustainability, que variaron en promedio 15 años (rango 1995-2020) de acuerdo con la información geográfica encontrada para cada ciudad. Esto permitió obtener información fundamental para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, pérdida de humedales continentales y costeros, y sus efectos sobre la biodiversidad, los servicios ecosistémicos, la regulación de la temperatura local y su relación con la calidad de vida de las poblaciones.

Metodología

Área de estudio

El Sureste de México, se ubica al Sur del Eje Neovolcánico, y desde la Sierra Madre del Sur se amplía a las llanuras Costeras del Golfo de México, extendiéndose hacia al este sobre la gran Península de Yucatán hasta la Cordillera de Centroamérica (Figura 1). Geográficamente, se localiza desde los 20° a los 15° de Latitud Norte, aproximadamente entre los 102 a 87 de Longitud Oeste (INEGI, 2010). Abarca las entidades federativas de Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán (Figura 1), los cuales comparten afinidades ambientales, climáticas, económicas y culturales (Aguilar-Domínguez, 2003).

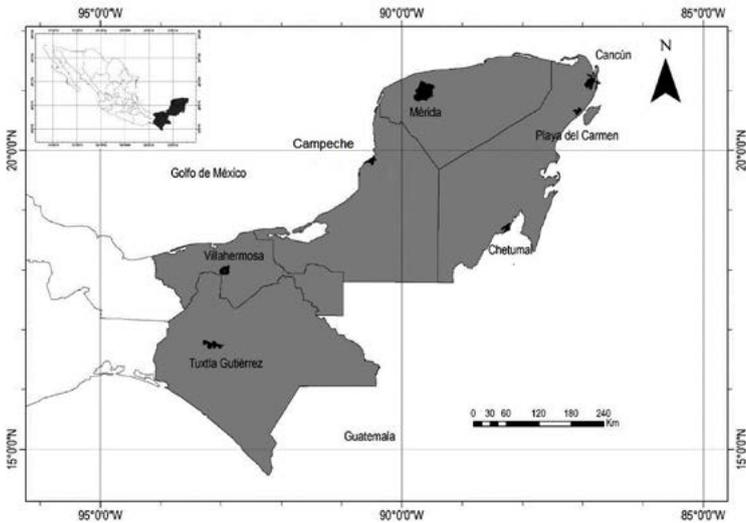


Figura 1. Mapa del Sureste de México y ciudades de estudio. Elaborado por los autores

Elaboración de la base de datos cartográfica

Para el primer periodo de tiempo, se descargaron siete ortofotos de la plataforma del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para cada ciudad seleccionada (Villahermosa, Tuxtla Gutiérrez, Campeche, Mérida, Chetumal, Playa del Carmen, y Cancún)ⁱ Tabla1. Para el segundo periodo, se descargaron siete imágenes satelitales del sensor SENTINEL 2 desde la plataforma Copernicus Open Access Hubⁱⁱ para los periodos de tiempo más actuales (Tabla 2). Para obtener el color natural de las imágenes se combinaron las bandas 432 (RGB) (Tabla 2). Para identificar las coberturas naturales, los usos del suelo y el crecimiento urbano en las catorce imágenes, se llevó a cabo una fotointerpretación. A partir de esto, se crearon dos Shapefile con Datum WGS84, Proyección UTM zona 15N (Villahermosa, Tuxtla Gutiérrez y Campeche), y Zona 16N (Chetumal, Playa del Carmen, Cancún y Mérida) (Tablas 1 y 2). La digitalización, fue en pantalla con el programa Arc GIS 10.5[®]; en total fueron elaborados catorce Shapefile con categorías que variaron entre ciudades: zona urbana, terrenos baldíos, humedales, vegetación arbórea, pastizal y playa.

Los catorce Shapefile resultantes fueron transformados a formato ráster con el comando Polygon to Ráster del programa Arc Gis 10.5[®]; esta conversión vectorial-ráster para obtener píxeles o celdas, facilita la ejecu-

ción de los diversos modeladores geomáticos en los que se incluye Land Change Modeler (LCM) para que puedan ejecutarse en IDRISI TerrSet® con mayor rapidez sin afectar los valores generados en la digitalización de vectores en Arc GIS 10.5®. Posteriormente, los catorce archivos convertidos a ráster fueron exportados a formato TIFF para facilitar la exportación al programa IDRISI TerrSet® empleando el comando GeoTIFF/Tiff to Idrisi (Figura 2).

Estado	Ciudad	Año	Escala	Resolución	Tono	Referencia espacial
Tabasco	Villahermosa	2007	1:10,000	1 m	Color	WGS 1984 UTM Zona 15N
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	2007	1:10,000	1 m	Color	WGS 1984 UTM Zona 15N
Campeche	Campeche	2005	1:10,000	1 m	Blanco y Negro	WGS 1984 UTM Zona 15N
Quintana Roo	Chetumal	1998	1:20,000	2 m	Blanco y Negro	WGS 1984 UTM Zona 16N
Quintana Roo	Playa del Carmen	2004	1:20,000	1.5 m	Blanco y Negro	WGS 1984 UTM Zona 16N
Quintana Roo	Cancún	2004	1:10,000	1 m	Blanco y Negro	WGS 1984 UTM Zona 16N
Yucatán	Mérida	1995	1:20,000	2 m	Blanco y Negro	WGS 1984 UTM Zona 16N

Tabla 1. Características de las ortofotos descargadas en la base de datos de INEGI

Estado	Ciudad	Año	Sensor	Resolución	Combinación (RGB)	Referencia espacial
Tabasco	Villahermosa	2020	SENTINEL 2	10 m	Color natural	WGS 1984 UTM Zona 15N
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	2020	SENTINEL 2	10 m	Color natural	WGS 1984 UTM Zona 15N
Campeche	Campeche	2020	SENTINEL 2	10 m	Color natural	WGS 1984 UTM Zona 15N
Quintana Roo	Chetumal	2019	SENTINEL 2	10 m	Color natural	WGS 1984 UTM Zona 16N
Quintana Roo	Playa del Carmen	2020	SENTINEL 2	10 m	Color natural	WGS 1984 UTM Zona 16N
Quintana Roo	Cancún	2019	SENTINEL 2	10 m	Color natural	WGS 1984 UTM Zona 16N
Yucatán	Mérida	2019	SENTINEL 2	10 m	Color natural	WGS 1984 UTM Zona 16N

Tabla 2. Características de las imágenes satelitales descargadas en Copernicus open Access hub

Modelación del cambio de uso del suelo.

Los modelos geomáticos para el estudio del cambio de uso del suelo en zonas tropicales y otras regiones del globo terráqueo, generan mayor certeza y precisión en estudios del territorio y su relación con las actividades de la sociedad, en comparación los Sistemas de Información Geográfica tradicionales. Por ejemplo, Land Change Modeler (LCM) for Ecological Sustainability, hace comprender con mayor facilidad las complejidades del cambio de uso del suelo, y utiliza el cambio histórico de la cobertura para modelar empíricamente la relación entre las transiciones de la cubierta terrestre (Eastman, 2012).

Land Change Modeler (LCM) está integrado en el software IDRISI TerrSet®, y se emplea para obtener un análisis matemático de imágenes ráster en dos o más periodos de tiempo, mediante el uso de una matriz

de tabulación cruzada que consiste en una tabla con arreglos simétricos que permite ubicar con gran precisión las cantidades de cambio de usos y coberturas, las permanencias y las diversas transformaciones (ganancias, pérdidas, cambio neto y transiciones) (Pontius et al., 2004; Pineda-Jaimes et al., 2009).

Las catorce imágenes ráster (Figura 2) fueron cruzadas con el módulo Land Change Modeler (LCM) y el comando CrossTab “para obtener una matriz de probabilidades de cambio validada”. Los siete cruces con módulo CrossTab generaron un promedio de probabilidades, Cramer’s V = 0.67, y Overall Kappa: 0.71, demostrando que los resultados del cruce de las dos imágenes para cada ciudad son confiables para el análisis cuantitativo (Tabla 3). Los resultados incluyen un resumen cartográfico, tabular y gráfico que muestra la superficie de cada categoría en comparación con otras, en términos de pérdidas, ganancias, cambio neto y transiciones.

Estado	Ciudad	Cramer’s V	Overall Kappa
Tabasco	Villahermosa	0.6119	0.6597
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	0.6261	0.7771
Campeche	Campeche	0.7168	0.7807
	Chetumal	0.7437	0.7117
Quintana Roo	Playa del Carmen	0.6711	0.6502
	Cancún	0.5858	0.7243
Yucatán	Mérida	0.7132	0.6856
Promedio		0.6669	0.7127

Tabla 3. Promedio de probabilidades Cramer’s, y Overall Kappa. Fuente: Elaboración propia

Resultados y discusión

Evolución del crecimiento urbano y pérdidas de recursos naturales. Ciudad de Campeche (2005–2020)

El crecimiento urbano en la Ciudad de Campeche fue de 2,626 ha, con una tasa de cambio positiva de 3.2 % (Tabla 4). La mayor transición como producto del cambio de uso del suelo fue el remplazo de 1,321 ha de su-

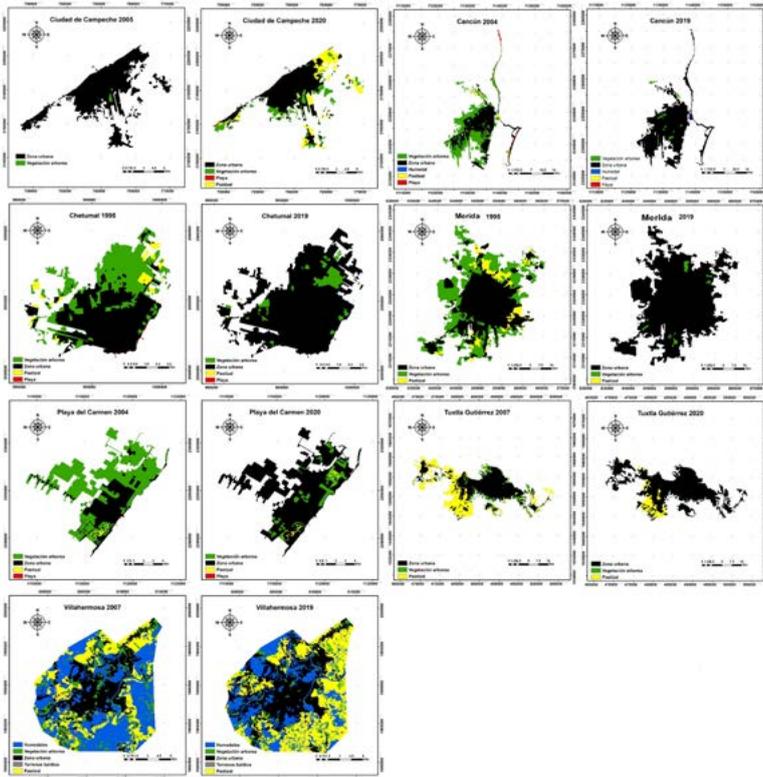


Figura 2. Mapas de usos del suelo de las ciudades capitales del Sureste de México. Fuente: Elaboración propia

perfiles de pastizales a infraestructura urbana (Figura 3). Esto es debido a que la ciudad ha tenido acelerado crecimiento de sus áreas urbanas y suburbanas durante la década de los noventa y la primera década del siglo XX (Palacio et al., 2005; Posada et al., 2009).

Por otra parte, se cuantificaron pérdidas de 1,274 ha de coberturas arbóreas con una tasa de cambio negativa de 18.2 % (Tabla 5). Las transiciones de vegetación arbórea a uso urbano fueron de 1,274 ha (Figura 3). Los tipos de vegetación arbórea alterados por el crecimiento urbano en la ciudad de Campeche son la selva mediana subperenifolia, selvas bajas, selvas altas, y manglares (Díaz-Gallegos et al., 2002; Pool-Novelo et al., 2019).

Además, recientemente se identificó que, en el 2016, Campeche perdió 54,700 ha de las selvas (Molina-Rivera et al., 2019).

Los efectos ambientales más sobresalientes por causa del crecimiento urbano y pérdida de la vegetación arbórea “en los últimos veinte años”, han sido eventos de inundación como producto de la deforestación de los manglares en su litoral costero, que perdieron su aporte de barreras naturales contra huracanes y otros fenómenos meteorológicos con afectaciones al tejido social y económico (Palacio-Aponte et al., 2005; Agraz-Hernández, 2010; Villalobos-Zapata, 2010; Paquette-Vassalli et al., 2013).

Ciudad de Mérida (2004-2019)

La Ciudad de Mérida tuvo un crecimiento urbano de 18,490 ha, con una tasa de cambio positiva de 2.7% anual para el periodo analizado (Tabla 4). La transición más sobresaliente, fue el paso de 15,090 ha de vegetación arbórea a uso urbano (Figura 3). Este cambio representa el 81% de la superficie modificada. Lo anterior debido a que la ciudad de Mérida es el espacio geográfico que concentra la mayor diversidad de servicios de Yucatán. Esta característica lo ubica como el espacio más poblado del estado con el 42.9% de la población total estatal.

García y Ruiz (2011) señalan que los programas de planeación han sido poco eficientes para disminuir la expansión urbana irregular representada por la formación de nuevas periferias con un proceso de metropolización, cambios en el clima urbano y contaminación de los humedales subterráneos. Por otro lado, el crecimiento de la mancha urbana en la zona Norte sitúa una gran concentración de habitantes en el área de impacto de huracanes y tormentas tropicales. En efecto, en la zona norte la población es vulnerable ante los fuertes vientos y lluvias que arrastran las constantes tormentas tropicales (García-Gil et al., 2012; Navarro-Tec et al., 2018; Bautista-Zúñiga & Aguilar-Duarte, 2021).

Adicionalmente, la transformación de 15,090 ha de vegetación arbórea a zonas urbanas representa una tasa de cambio negativa de 12.6% con un impacto considerable en la biodiversidad local que no se ha cuantificado.

Finalmente, la pérdida de la masa forestal en Mérida desestabiliza el clima local, contribuyendo al incremento de las “islas de calor urbano” que afecta el confort y la calidad de vida de los habitantes (Pérez-Medina & López-Falfán, 2015; Navarro-Tec et al., 2018; George-Chacon et al., 2019).

Chetumal (1995-2018)

La Ciudad de Chetumal presentó un crecimiento urbano de 1,711 ha, con una tasa de cambio de 2.2 % (Tabla 4). Su modelo de crecimiento es

disperso distribuido principalmente en las zonas hacia el suroeste y noreste. Como en el resto de la península el crecimiento urbano se sustenta en la transformación de vegetación arbórea principalmente de selvas bajas espinosas subperennifolias (Figura 3).

Un dato importante es que en el área parte de los recursos naturales de las áreas protegidas son utilizados legal e ilegalmente para comercializar con particulares y destinarlos al desarrollo de viviendas lo que propicia una calidad de vida limitada que contribuye a un desarrollo insostenible con vulnerabilidad por inundaciones (Rangel-Montalvo, 2014; Barrera-Rojas, 2020). La oferta de vivienda en la ciudad es prácticamente inalcanzable para los bajos estratos sociales, por lo que la ocupación del territorio se ha orientado hacia el noreste propiciando el crecimiento de asentamientos irregulares en la última década (Alonzo-Alonzo y González-Vera, 2010). Además, los fragmentos de selvas y corredores biológicos arbóreos no son considerados en las crecientes obras de construcción comercial, equipamiento, industria y nuevos asentamientos residenciales (Rangel-Montalvo, 2014).

Los datos muestran que el crecimiento urbano del periodo 1995-2018 se ha sustentado a partir de la pérdida de 1,566 ha de vegetación arbórea con una tasa de cambio negativa de 6.7 % (Figura 3, Tabla 4). Esta situación coincide con lo señalado por Fragoso-Servón y Pereira-Corona (2018) quienes apuntan a que en general el crecimiento urbano ha dejado como último interés a la protección de humedales, manglares, vegetación hidrófila, pastizales y selvas.

El cambio de uso del suelo ha contribuido a menos defensas naturales contra inundaciones en varias colonias que fueron creciendo con la pérdida de importantes coberturas de humedales lacustres ante un problema latente de pobreza y vulnerabilidad; de esta forma, el Programa de Desarrollo Urbano 2005, señaló que la porción noroeste y suroeste de Chetumal no era adecuada para la expansión urbana por ser susceptibles a inundación debido a que sus suelos son Gleysoles en zonas bajas (Rangel-Montalvo, 2014; Fragoso-Servón y Pereira-Corona, 2018; Barrera-Rojas, 2020).

Cancún (2004-2019)

La Ciudad de Cancún presentó un crecimiento urbano de 10,111 ha, y una tasa de cambio de -6.7% (Tabla 4). El crecimiento de Cancún es debido a su desarrollo económico sobresaliente en el Sureste de México, aunque con costos ambientales y la segregación socio-espacial que el turismo internacional genera. Este desarrollo va acompañado de desfases y distorsiones de una urbanización incontrolable y polarizada, la cual en su mayoría ha tenido impactos negativos reflejados en el deterioro ambiental de sus recursos naturales y sus efectos ambientales. Por ejemplo, la deforestación de los manglares en el espacio costero ha contribuido históricamente a la vulnerabilidad por la presencia de grandes huracanes tropicales (Medina-González, 2002; Oehmichen, 2010; Castillo-Pavón & Villar-Calvo, 2011; Babinger, 2012; Calderón-Maya et al., 2014). El modelo de expansión urbana en Cancún, considera de forma irregular los mecanismos legales, técnicos y científicos de planificación y ordenación ecológico-territorial, y en 32 años se han urbanizado de forma legal y en algunas de forma irregular, aproximadamente 14 mil ha, (Calderón-Maya y Orozco-Hernández 2009; Cárdenas-Gómez, 2016; Oran-Roque et al., 2017).

La Ciudad de Cancún presentó deforestación de 9,208 ha de su cobertura arbórea original, con una tasa de cambio negativa de 16.3% (Tabla 4). Los procesos de deforestación en Cancún son muy comunes al ser una ciudad muy dinámica, existe una transición de 9,245 ha de cobertura arbórea a zona urbana (Figura 3). Por ejemplo, el parque ambiental “Ombligo verde” ha perdido más del 50% de vegetación provista de gran biodiversidad en los últimos 10 años, debido a que, durante las últimas tres administraciones municipales, se han planteado proyectos de plazas comerciales (Calderón-Maya, 2014). Por otra parte, se documenta que los huracanes Gilberto en septiembre de 1988 y Wilma en octubre de 2005, fueron los más grandes eventos meteorológicos de las últimas tres décadas que propiciaron la pérdida de coberturas de manglares y selva mediana subperenifolia debido al reporte de cantidades importantes de árboles desenraizados, defoliados o sin copa (Islebe et al., 2009; Oehmichen, 2010; Babinger, 2011).

Ciudad	Categoría	2005		2020		Perdidas	Ganancias	Cambio Neto	Tasa de Cambio
			%		%				
Campeche	Zona urbana	4323	61.6	6949	99.1	0	2626	2626	3.2
	Vegetación arbórea	1329	18.9	65	0.9	-1274	9	-1264	-18.2
	Playa	32	0	0	0	-32	0	-32	-100
	Pastizal	1330	19	0	0	-1330	0	-1330	-100
	Total	7013	100	7013	100				
Cancún	Vegetación arbórea	9891	48.7	683	3.4	-9284	76	-9208	-16.3
	Zona urbana	9535	47	19570	96.4	0	10111	10035	4.9
	Humedal	7	0.03	51	0.2	-7	51	44	14.6
	Pastizal	392	1.9	0	0	-392	0	-392	-100
	Playa	479	2.4	0	0	-479	0	-479	-100
Total	20303	100	20303	100					
Chetumal	Vegetación arbórea	1791	40.3	335	7.5	-1566	111	-1455	-6.7
	Zona urbana	2433	54.7	4114	92.5	0	1711	1681	2.2
	Pastizal	216	4.9	0	0	-216	0	-216	-100
	Playa	9	0.2	0	0	-9	0	-9	-100
Total	4449	100	4449	100					
Mérida	Zona urbana	20369	51.6	38832	98.4	0	18490	18463	2.7
	Vegetación arbórea	15646	39.7	613	1.6	-15090	57	-15033	-12.6
	Pastizal	3429	8.7	0	0	-3429	0	-3429	-100
	Total	39444	100	39444	100				

Ciudad	Categoría	2005	%	2020	%	Perdidas	Ganancias	Cambio Neto	Tasa de Cambio
Playa del Carmen	Vegetación arbórea	3857	68.2	634	11.2	-3262	39	-3223	-10.7
	Zona urbana	1753	31	4953	87.6	0	3237	3200	6.7
	Pastizal	41	0.7	69	1.2	-11	39	28	3.3
	Playa	4.5	0.1	0	0	-5	0	-5	-100
	Total	5655	100	5655	100				
Tuxtla Gutiérrez	Zona urbana	10222	54.9	16730	89.9	0	6580	6508	3.1
	Vegetación arbórea	1712	9.2	65.25	0.4	-1677	30	-1647	-18.5
	Pastizal	6676	35.9	1815	9.8	-4945	84	-4861	-7.8
	Total	18610	100	18610	100				
Villahermosa	Humedales	8618	41.7	5195	25.2	-4197	775	-3423	-3.8
	Vegetación arbórea	2507	12.1	1488	7.2	-1692	673	-1020	-3.9
	Zona urbana	5136	24.9	7044	34.1	0	2086	1907	2.5
	Terrenos baldíos	232	1.1	102	0.5	-232	102	-131	-6.1
	Pastizal	4156	20.1	6821	33	-1452	4118	2665	3.9
Total	20649	100	20649	100					

Tabla 4. Cuantificación del cambio de uso del suelo en las ciudades del Sureste de México. Fuente: Elaboración propia

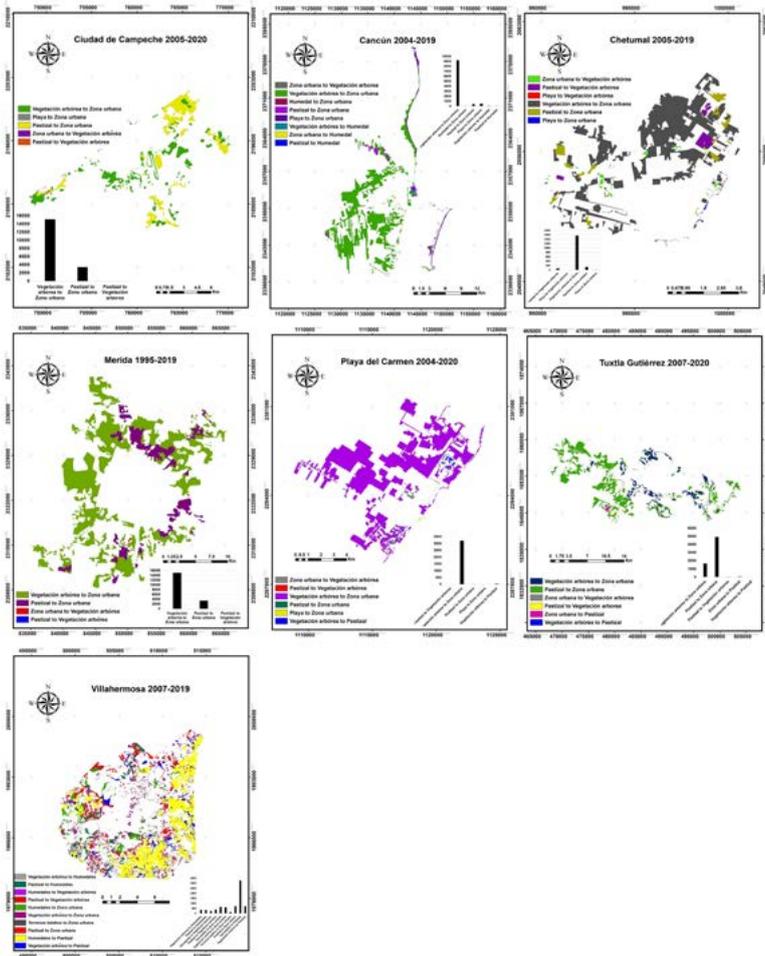


Figura 3. Mapas y gráficas de las principales transiciones de las ciudades capitales del Sureste de México. Fuente: Elaboración propia.

Playa del Carmen (2004–2021)

Playa del Carmen es considerada uno de los polos de desarrollo turístico de mayor importancia en la región, además de ser la segunda ciudad más poblada del Caribe mexicano. Durante el periodo analizado registró un incremento de 3,237 ha de superficie urbana, con una tasa de cambio de 6.7 % (Tabla 4).

Sus características naturales, sociales y económicas son importantes distintivos que atraen grandes inversiones en el ramo turístico regional. Esta situación promueve la dinámica del desarrollo costero por la oferta de trabajo que demandan los servicios turísticos y que además generan aumentos de zonas de usos residenciales y superficies destinadas a la construcción de equipamiento urbano y vías de transporte a costa de los espacios naturales produciendo una severa segregación socio espacial (Camacho-Lomelí, 2015; Ruiz-Ramírez et al., 2018; Ochoa-Jiménez et al., 2020).

Otros efectos de la urbanización en Playa del Carmen se localizaron en la pérdida de 3,262 ha de vegetación arbórea, con una tasa de cambio negativa de 10.7 % (Tabla 4). Estos resultados coinciden con lo reportado por Ellis y colaboradores (2015) quienes detectaron nueve causas directas de deforestación, entre ellas las zonas urbanas con sus asentamientos humanos.

El registro de las transiciones de coberturas de vegetación arbórea a zona urbana fue de 3,223 ha (Figura 3, Tabla 4). Esto significa que al menos para Playa del Carmen el 99.8 % de la pérdida de recursos forestales fue ocasionado por el proceso de urbanización. Uno de los recursos afectados fue el mangle, el cual es importante como parte del ecosistema y como barrera natural asociada a la mitigación del impacto de huracanes. Al respecto, Ruiz-Ramírez y colaboradores (2018) señalan que la pérdida de las barreras naturales se está asociando con los impactos de huracanes, y con el aumento a largo plazo del nivel medio del mar, siendo recomendable fortalecer la restauración ambiental y la conservación de los ecosistemas de manglar mediante el decreto de nuevas Áreas Protegidas (Ruiz-Ramírez et al., 2018).

Villahermosa (2007–2020)

En la Ciudad de Villahermosa hubo aumentos de 2,086 ha de superficie urbana (Tabla 4). El crecimiento urbano de la capital de Tabasco, desde el siglo XX, y lo que va del siglo XXI, ha dado prioridad a la periurbanización y establecimiento de la infraestructura petrolera que altera el suelo y a la red hidráulica superficial, y omite la conservación de los ecosistemas (Palomeque-de la Cruz et al., 2017). El crecimiento urbano moderno continuó desplazando humedales, proceso que se ha dado en forma creciente y ha contribuido a la vulnerabilidad del territorio, demostrándose por los más recientes y catastróficos eventos de inundación (Hernández, 2011; Cerna et al., 2011; Palomeque-de la Cruz et al., 2017). Los extremos eventos de inundación durante los años 2007 y 2008 perjudicaron

a más de 1,500 poblaciones de Tabasco y Chiapas, se cree que las afectaciones cubrieron el 75% de la población de Tabasco particularmente, y con pérdidas millonarias para todos los sectores económicos (Álvarez & Tuñón, 2016; Perevochtchikova & Lezama, 2007; García-García & Kauffer-Michel, 2011).

Por otra parte, la ciudad presentó pérdidas de 1,692 ha de cobertura arbórea con tasa negativa de cambio de 3.9% (Tabla 4). Las transiciones de vegetación arbórea a uso urbano fueron de 376 ha (Figura 3). La ciudad tuvo grandes impactos en las coberturas de humedales, perdiéndose aproximadamente 4,197 ha (Tabla 5). Durante 1984-2008, la tasa negativa de cambio de uso del suelo de la vegetación arbórea en Villahermosa fue de 4,63%. En Tabasco, durante 1960-2000 se registraron pérdidas de 83,518 ha de humedales una tasa de cambio negativa de 3,341 ha/año, y en Villahermosa, el crecimiento urbano desmedido de 2,296 ha entre 1990-2000 desplazó lagunas y pantanos que funcionaban como vasos reguladores (Sánchez-Munguía, 2005). Durante 1984-2000, las coberturas vegetación natural y los humedales lacustres y palustres perdieron 4008 y 289 ha, respectivamente, y la tasa de deforestación de la vegetación arbórea fue de 4.63% (Palomeque-de la Cruz et al., 2017). Las causas principales de la pérdida de los humedales son principalmente el crecimiento del pastizal de origen pecuario, la expansión irregular de las zonas urbanas, y la construcción de servicios carreteros e industria de extracción de hidrocarburos (Estrada et al., 2013).

Tuxtla Gutiérrez (2007-2020)

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez presentó una expansión urbana de 6,580 ha, con una tasa de cambio de 3.1 % (Tabla 4). Las transiciones de pastizal a uso urbano fueron de 1,663 ha. En el territorio, el crecimiento poblacional y la expansión de la mancha sin planificación lo convirtió en una zona metropolitana al mezclarse con municipios vecinos que optan por establecerse en la periferia de la ciudad con nuevas colonias, generalmente con deficientes servicios elementales para óptima calidad de vida de la población. Cabe mencionar que existen registros de aumentos en la temperatura provocando el fenómeno de la Isla de Calor Urbano (Noji, 2000; Silva et al., 2015; Nucamendi-Hernández, 2021).

Así mismo, se presentaron pérdidas de 1,677 ha de vegetación arbórea, con una tasa de cambio negativa de 18.5 % (Tabla 4). La transición de vegetación arbórea a uso urbano fue de 1,664 ha (Figura 3). Gran parte de la masa vegetal perdida pertenecía a reservas ecológicas como el Cañón del Sumidero, al Norte de Tuxtla Gutiérrez; al Cerro Mactumactzá, al

Zapotal y Monte Cielo al Sur; Caña Hueca, Jardín Botánico, al Parque Madero y al Parque del Oriente, ubicados en las márgenes del río Sabinal al que le han sido invadidas sus zonas de escurrimiento natural y llanuras de inundación alterando el equilibrio hidrológico (Silva et al., 2015). Este fenómeno puede deberse a que la mayoría de estas Áreas Protegidas no cuentan con un marco legal de Ordenamiento Ecológico Territorial, y Planes de Manejo que garanticen su protección y restauración ante el avance urbano y agropecuario (Paz-Tenorio et al., 2011; Silva et al., 2015).

Otras causas de la deforestación en Tuxtla Gutiérrez son acciones como la agricultura, extracción de maderas preciosas, la construcción de infraestructura, e incendios forestales que tienden a simplificar la composición y estructura de la vegetación arbórea. De igual manera actividades como la ganadería bovina y las relacionadas con los servicios urbanos, también constituyen factores condicionantes o facilitadores de la degradación (Camas-Gómez et al., 2012; Rincón-Hernández, 2021).

Conclusiones

El crecimiento urbano informal de las principales ciudades del Sureste de México es un problema nacional que trae como consecuencia la pérdida de extensas coberturas de vegetación arbórea, en las que destaca la vegetación costera de manglar, bosques templados, diferentes tipos de selvas, y acahuales en diversos estadios. Las transiciones más comunes son el cambio de vegetación arbórea a pastizal para el uso agropecuario y consecutivamente de pastizal a uso urbano. Paralelo a esto, los efectos ambientales frecuentes por la falta de coberturas arbóreas y humedales son las inundaciones que son concurrentes y extremos fenómenos naturales (frentes fríos, y huracanes), que afectan principalmente a la población más vulnerable, social y económicamente (Babinger, 2011; Álvarez y Tuñón, 2016; George-Chacon et al., 2019; Barrera-Rojas, 2020; Bautista-Zúñiga y Aguilar-Duarte, 2021).

Para contrarrestar los efectos del cambio de uso del suelo por el crecimiento urbano insostenible, es urgente la implementación de diversos planes y programas de desarrollo urbano y municipal, programas de manejo y políticas de usos del suelo acordes con las características geomorfológicas y del suelo (De Waele et al., 2011; Fragoso-Servón et al., 2018). Se necesita reactivar los corredores biológicos en las ciudades costeras en Campeche y la Península de Yucatán, mediante programas de restauración de servicios ecosistémicos que permitan la integridad de los manglares con otros ecosistemas costeros como los arrecifales (Hirales-Cota

et al., 2010). Para contrarrestar la pérdida de las barreras naturales asociadas con los impactos de huracanes y con el aumento a largo plazo del nivel medio del mar, se recomienda fortalecer la restauración ambiental y la conservación de los ecosistemas de manglar mediante el decreto de nuevas Áreas Protegidas (Ruiz-Ramírez et al., 2018). Para salvaguardar a la población vulnerable al crecimiento urbano, se propone el monitoreo de indicadores de resiliencia urbana fundamentados en el análisis de procesos de gestión de información, de toma de decisiones que incluyen los temas social, económico, natural, construido, organizacional, cultural y espacio-temporal (Frausto-Martínez et al., 2018).

A la par, se requieren acciones contundentes de gestión de riesgos en zonas urbanas que promuevan la base de una cultura de prevención y el control de las inundaciones en términos económicos, resiliencia y la mitigación de la vulnerabilidad ante eventos climatológicos derivados del cambio climático y el deterioro ambiental local (Ramos-Reyes y Palomeque-de la Cruz, 2019). Es importante que se contemplen las actualizaciones de los atlas de riesgo contra inundaciones, eventos climatológicos y otros fenómenos naturales con base en lo señalado en la Ley General de Protección Civil y las guías metodológicas para la elaboración del Atlas de Riesgo del Cenapred con la consolidación de premisas aprendidas de daños ocasionados por huracanes. Se requiere de cartografía moderna, sistemas de bases de datos georreferenciados a escala detallada, nuevos levantamientos catastrales y la conformación de equipos de trabajo multidisciplinarios, entre otros (Frausto-Martínez et al., 2016).

Referencias bibliográficas

- Agraz-Hernández C.M. (2010). Estudio de caso: usos y beneficios ecológicos, económicos y sociales que proporcionan los ecosistemas de manglar en el estado de Campeche. En: Villalobos-Zapata G.J. y Mendoza Vega J. (Coord.). La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado, pp. 260-266. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Campeche: Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México.
- Aguilar-Domínguez, Y. (2003). Visión General de las Áreas Naturales Protegidas del Trópico. Veracruz, México: En: Hacia una evaluación de las áreas naturales protegidas tropicales (coord.). Centro de Investigaciones Tropicales: Universidad Veracruzana, Xalapa, México.
- Alonzo-Alonzo, L. A., & González-Vera, M. A. (2010). Pérdida de cobertura vegetal como efecto de la urbanización en Chetumal, Quintana Roo. Quivera. Revista de Estudios Territoriales, 12(2), 1-19.
- Almeida-Cerino., Bertolini, V., & Trinidad, T. M. (2021). ¿Planear un paisaje urbano conservativo en el sureste de México? Reflexiones para el caso de Tapachula, Chiapas. Magna Scientia UCEVA, 1(1), 78-83.
- Álvarez, G. D. C., & Tuñón, E. (2016). Vulnerabilidad social de la población desplazada ambiental por las inundaciones de 2007 en Tabasco (México). Cuadernos de Geografía-Revista Colombiana de Geografía, 25(1), 123-138.
- Andrade, H.M. (2010). Transformación de los sistemas naturales por actividades antropogénicas. En: Durán R. y M. Méndez (Coord.). 2010. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán, pp 316-319.
- CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.
- Aponte, G. P., de Almeida, P. S. A., Casarín, R. S., Bautista, E., Vanegas, G. P., & Val, R. (2005). Diagnóstico de Riesgo por Inundaciones para la Ciudad de Campeche. CENTRO EPOMEX-UAC. 177 pp.

- Babinger, F. (2012). El turismo ante el reto de peligros naturales recurrentes: una visión desde Cancún. *Investigaciones geográficas*, (78), 75-88.
- Barrera-Rojas, M. A. (2020). ¿Disminución de la pobreza en México? Estudio de caso para Quintana Roo 2010-2016: Poverty reduction in México? Case study for Quintana Roo 2010-2016. *Visión de futuro*, 24(1), 0-0.
- Bautista, F., & Aguilar, Y. (2021). Flood risk due to extreme rains in the karst of the city of Mérida Yucatán, México *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(1).
- Briceño, M., Gil, B., & Gómez, L. (2008). Mérida: reserva de biósfera urbana. *Provincia*, (19), 33-55.
- Calderón-Maya, J. (2014). *Urbanización y Deterioro Ambiental en Cancún, Quintana Roo (Doctorado)*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Camacho-Lomelí, R. (2020). *Urbanización turístico-costera desigual en Playa del Carmen, Quintana Roo (México)*. *GeoGraphos*, 6(77), 107-134.
- Cárdenas-Gómez, E. (2016). "Crecimiento y planeación urbana en Acaapulco, Cancún y Puerto Vallarta (México)". *Revista de investigaciones turísticas* (12): 99-120
- Camas-Gómez, R., Turrent-Fernández, A., Cortes-Flores, J. I., Livera-Muñoz, M., González-Estrada, A., Villar Sánchez, B., & Cadena Iñiguez, P. (2012). Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(2), 231-243.
- Cantú-Ayala, C. M., Estrada Arellano, J. R., Salinas Rodríguez, M. M., Marmolejo Moncivais, J. G., & Estrada Castellón, E. A. (2013). Vacíos y omisiones en conservación de las ecorregiones de montaña en México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(17), 10-27.
- Casanova-Casañas, L. (2021). Megaproyectos y conflictos ecoterritoriales. El caso del Tren Maya. *Relaciones internacionales: Revista académica cuatrimestral de publicación electrónica*, (46), 139-159.

- Castillo-Pavón, O., & Villar-Calvo, A. J. (2011). La conformación del espacio urbano de Cancún: una aproximación al estudio de la segregación socio-espacial. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 13(1), 83-101.
- Cerna, G. S. G., de la Peña, M. R., Antonio, G. G. & Reyna y Díaz, C. A. J. (2011). *Tabasco y sus Asentamientos Humanos, Dos Siglos Después*. Villahermosa: Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas
- Challenger, A., & Soberón, J. (2008). *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Los ecosistemas terrestres*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, 87-108.
- De Jong, B. H. (2001). Cambio de uso de suelo y flujos de carbono en los altos de Chiapas, México. In *Simposio Internacional Medición y Captura de Carbono en Ecosistemas Fore*. Valdivia, Chile.
- Eastman, J. R. (2012). *IDRISI Selva. Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes*. Clark Labs. Massachusetts. USA. 321 p.
- Ellis, E. A., Romero Montero, A., & Hernández Gómez, I. U. (2015). *Evaluación y mapeo de los determinantes de deforestación en la Península Yucatán*. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), The Nature Conservancy (TNC), Alianza México REDD+, México, Distrito Federal. 155 pp.
- Estrada Loreto, F., Barba Macías, E., & Ramos Reyes, R. (2013). *Cober-tura temporal de los humedales en la cuenca del Usumacinta, Balancán, Tabasco, México*. *Universidad y ciencia*, 29(2), 141-151.
- Frausto-Martínez, O., Thomas, Ihl., & Rojas-López, J. (2016). *Atlas de Riesgos de la Isla de Cozumel, México*. *Teoría y Praxis*, 74-93.
- Fragoso-Servón, P. & Pereira-Corona, A. (2018). *Suelos y Karst, origen de inundaciones y hundimientos en Chetumal, Quintana Roo, México*. *European Scientific Journal*, (14).
- Gallegos, J. R. D., Acosta, O. C., & Gil, G. G. (2002). *Distribución espacial y estructura arbórea de la selva baja subperennifolia en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México*. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 18(35), 11-28.

- García, B. (1984). Dinámica ocupacional rural y urbana en el sureste de México: 1970-1980. *Demografía y economía*, 18(3), 445-488.
- García, C., Ruíz. (2011). "La segregación territorial y el rezago en el sur de la Ciudad de Mérida, como el resultado del crecimiento urbano descontrolado". *Quivera*. 13 (1), 122-138
- García-García, A., & Kauffer-Michel, E. F. (2011). Las cuencas compartidas entre México, Guatemala y Belice: un acercamiento a su delimitación y problemática general. *Frontera norte*, 23(45), 131-161.
- García Gil, G., Oliva Peña, Y., & Ortiz Pech, R. (2012). Distribución espacial de la marginación urbana en la ciudad de Mérida, Yucatán, México. *Investigaciones geográficas*, (77), 89-106
- George-Chacon, S. P., Dupuy, J. M., Peduzzi, A., & Hernández-Stefanoni, J. L. (2019). Combining high resolution satellite imagery and lidar data to model woody species diversity of tropical dry forests. *Ecological Indicators*, 101, 975-984.
- Gómez-Ruíz, P. A., Laffon-Leal, S., Delgado-Estrella, A., & Cuevas, E. (2020). El papel de los programas de acción para la conservación de especies (PACE) en el manejo y restauración de especies y ecosistemas del sureste de México. 829 pp.
- Hernández, H. M. M. (2011). Inundación, reubicación y cotidianidad. El caso de Villahermosa, Tabasco, 2007. (Maestría). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Unidad Golfo.
- Hirales-Cota, M., Espinoza-Avalos, J., Schmook, B., Ruiz-Luna, A., & Ramos-Reyes, R. (2010). Drivers of mangrove deforestation in Mahahual-Xcalak, Quintana Roo, southeast Mexico. *Ciencias Marinas*, 36(2), 147-159.
- Islebe, G. A., Torrescano-Valle, N., Valdez-Hernández, M., Tuz-Novelo, M., & Weissenberger, H. (2009). Efectos del impacto del huracán Dean en la vegetación del sureste de Quintana Roo, México. *Foresta Veracruzana*, 11(1), 1-6.
- Nucamendi-Hernández, S. (2021). Impacto de la vulnerabilidad a inundaciones en la habitabilidad de la población de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. (Licenciatura). Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

- Mas, J. F., Velázquez, A., Díaz-Gallegos, J. R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, C., Bocco, G., & Pérez-Vega, A. (2004). Assessing land use/cover changes: a nationwide multirate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5(4), 249-261.
- Medina-González, E. M. (2002). Planeación urbana en el desarrollo turístico: análisis conceptual del crecimiento urbano de Cancún, 1974-2000. (Licenciatura). Universidad de Quintana Roo.
- Méndez-Toribio, M., C. Martínez-Garza, E. Ceccon. & M. R. Guari-guata. (2018). La restauración de ecosistemas terrestres en México: situación actual, tendencias, necesidades y oportunidades. Centro para la Investigación Forestal Internacional. Bogor, Indonesia. 116 pp
- Michel, A., & Ribardiére. (2017). Crecimiento demográfico y formas de urbanización de las pequeñas ciudades en México. *Territorios* (37), 101-121
- Molina-Rivera, M., Olea-Pérez, R., Galindo-Maldonado, F. A., & Arriaga-Jordán, C. M. (2019). Análisis de ciclo de vida de tres sistemas ganaderos tropicales en Campeche, México: Caso de estudio. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22, 127-141.
- Montero, L., & García, J. (2017). Panorama multidimensional del desarrollo urbano en América Latina y el Caribe. Naciones Unidas CEPAL, 113.
- Noji, E. K. (2000). Impacto de los desastres en la salud pública. Bogotá: Organización Panamericana de la Salud. 489 pp.
- Ochoa Jiménez, C.F., Camacho Sanabria, J.M., Alvarado Rosalía, R., Juan Pérez, J.I., & Fragoso Servón, P. (2020) Expansión urbana y cambios de cobertura/uso del suelo en Playa del Carmen, Quintana Roo, México (1985-2015). *Revista Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 12, 1-18.
- Oehmichen, C. (2010). Cancún: la polarización social como paradigma en un México Resort. *Alteridades*, 20(40), 23- 34.
- Orán-Roque, R., Calderón-Maya, J. R., & Campos-Alanís, H. (2017). Un análisis sobre el sistema de transporte público en la Zona Metropolitana de Cancún (ZMC), México 2016. *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, 19(2), 81-99

- Palomeque-de la Cruz, M. A., Galindo A, Sánchez AJ., & Escalona MJ (2017) Pérdida de humedales y vegetación por urbanización en la cuenca del río Grijalva, México. *Investigaciones Geográficas* 68: 151-172.
- Paquette Vassalli, C. (2020). Regeneración urbana: un panorama latinoamericano. *Revista invi*, 35(100), 38-61
- Perevochtchikova, M., & Lezama, T. J. L. (2010). Causas de un desastre: Inundaciones del 2007 en Tabasco, México. *Journal of Latin American Geography*, 9(2), 73-98.
- Pérez-Bocanegra, E., Isaac-Márquez, R., & Ayala-Arcipreste, M. E. (2014). Marco legal y oportunidades de desarrollo de la conservación voluntaria en México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(5), 15-27.
- Pérez-Medina, S., & López-Falfán, I. (2015). Áreas verdes y arbolado en Mérida, Yucatán. *Hacia una sostenibilidad urbana. Economía, sociedad y territorio*, 15(47), 01-33.
- Pineda-Jaimes, N. B.; Bosque-Sendra, J.; Gómez-Delgado, M., & Plata-Rocha, W. 2009. Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multiva
- riantes: Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones geográficas*. (69). 33-52.
- Pontius Jr, R. G.; Huffaker, D., & Denman, K. (2004). Useful techniques of validation for spatially explicit land-change models. *Ecological Modelling*. 179(4). 445-461.
- Pool-Novelo, L., Kú-Quej, V., Chi-Quej, J., & Mendoza Vega, J. (2019). Estimación del contenido de carbono orgánico en suelos y vegetación del estado de Campeche. *Propuesta metodológica. Terra Latinoamericana*, 37(4), 317-328.
- Rangel-Montalvo, L. E. (2014). Diagnóstico del desarrollo urbano de la ciudad de Chetumal, México. *Revista Movimientos Sociais e Dinâmicas Espaciais*, 3(2), 200-206.
- Reyes-Hernández, H., Cortina-Villar, S., Perales-Rivera, H., Kauffer-Michel, E., & Pat-Fernández, J. M. (2003). Efecto de los subsidios agropecuarios y apoyos gubernamentales sobre la deforestación durante el período 1990-2000 en la región de

- Calakmul, Campeche, México. Investigaciones geográficas, (51), 81-106.
- Ramírez, J. D. R., Montejo, G. D. L., & Guillermo, R. J. C. (2018). Manglares, desarrollo turístico y cambio climático en Playa del Carmen, corazón del caribe mexicano. *Cuad. biodivers*, (55), 28-40.
- Romero-Montero, J. A., & Ellis, E. A. (2016). Selva baja subperennifolia en el sureste de México. *RINDERESU*, 1(2), 48-56 Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (2001). El transporte regional en el Sureste Mexicano. Ciudad de México: Instituto Mexicano del Transporte. 242 pp.
- Silva, M., García, A., & Hernando, A. (2015). Crecimiento de la mancha urbana en la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez (Chiapas, México). *Quehacer Científico en Chiapas*, 10(2), 35-41.
- Velázquez, A., Mas, J. F., Gallegos, J. D., Saucedo, R. M., Alcántara, P. C., Castro, R., ... & Palacio, J. L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta ecológica*, (62), 21-37.
- Villaseñor, N., Tulloch, A., Driscoll, D., Gibbons, P., & Lindenmayer, D. (2017). Compact development minimizes the impacts of urban growth on native mammals. *Journal of Applied Ecology*, 54(3), 794-804.

Notas

- i <https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/ortoimagenes/>
- ii <https://scihub.copernicus.eu/>

Resignificación del paisaje y patrimonio: el caso del río Pitillal en Puerto Vallarta, Jalisco

Reyes González Alberto^{1}, Reyes González Andrés Enrique,
Odetti Jimena Vanina y Valdez Olmos Fernando Daniel*

Resumen

Este análisis aborda la relación entre los residentes aledaños al Río Pitillal en Puerto Vallarta y la morfología urbana que ha evolucionado históricamente. Se observa cómo los patrones de construcción reflejan el crecimiento urbano, especialmente en los materiales y colores empleados. Las preguntas centrales son: ¿Se considera el río como paisaje? ¿Representa este paisaje un patrimonio para quienes viven cerca? ¿Cuál es el valor colectivo de este paisaje?

El estudio pretende entender la percepción local sobre el patrimonio natural, resaltando el papel del río como fuente de servicios ecosistémicos, en particular, el paisaje. Se investiga cómo los habitantes interactúan con este entorno. Un punto clave fue identificar los márgenes del río dentro de la urbe, para diagnosticar y analizar las arquitecturas circundantes, contrastando zonas montañosas con las desembocaduras.

El río, además de su significado natural, se entrelaza con patrones culturales, lo que conduce a un estudio sobre cómo el paisaje es valorado como patrimonio. Se examinan las conexiones establecidas con el río por la comunidad original, incluyendo aspectos como biodiversidad y colores del entorno. Las prácticas sociales, formas arquitectónicas y colores emergentes en el río son vistos como componentes del patrimonio cultural.

La metodología cualitativa comprende, entre otros estudios, el de cartofiguras, visuales y etnofiguras, complementados con entrevistas a residentes. Se identificaron dos áreas de interés: una orientada hacia la montaña y la otra hacia donde el río se une con el mar, siendo esta última especialmente influenciada por el turismo.

1 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Puerto Vallarta, Jalisco, México

* Autor de correspondencia: alberto.reyes@vallarta.tecmm.edu.mx

Con el tiempo, el paisaje y la población han coexistido en una relación simbiótica, reflejando un continuo cambio dinámico en zonas periurbanas e intraurbanas. El área donde el río se encuentra con el mar destaca por sus construcciones turísticas, mostrando predominancia de una arquitectura posmoderna con toques eclécticos.

Palabras clave: patrimonio, paisaje, resignificación

Introducción

El concepto de paisaje y patrimonio han sido objetos de estudio y análisis por diversos autores destacados, entre los que se encuentran Lefebvre, Jacobs, y Lynch. Estos teóricos, junto con las contribuciones de la teoría latinoamericana, subrayan la primordial importancia de la construcción social del espacio y la identidad cultural. Sin embargo, es en escenarios específicos, como el del río Pitillal en Puerto Vallarta, Jalisco, donde estos conceptos toman vida y revelan su significado más profundo. El río, a lo largo de su historia, ha experimentado transformaciones que reflejan no solo las necesidades urbanas sino también las dinámicas culturales y socioeconómicas de la región.

Puerto Vallarta, conocido turísticamente por su belleza y cultura, enfrenta el reto de conservar y revitalizar el río Pitillal como un símbolo patrimonial. Este capítulo se sumerge en la historia y actualidad de este río, buscando entender los códigos y significados que se han tejido a su alrededor y cómo estos han evolucionado a lo largo del tiempo. Más allá de ser un simple cuerpo de agua, el río representa las tensiones entre desarrollo, cultura, y naturaleza, y el desafío de equilibrar estas fuerzas en beneficio de la comunidad local.

Diversas colonias circundan el río Pitillal, cada una con su propia identidad y desafíos. La gestión y visión para este espacio, por tanto, debe ser integral y considerar la diversidad de realidades que coexisten en sus márgenes. En este marco, las directrices propuestas por la SEDATU y el Plan de Desarrollo Urbano del municipio se alzan como guías para una gestión que aspire a la sostenibilidad y justicia ambiental.

Finalmente, la teoría latinoamericana brinda herramientas y perspectivas que enriquecen el entendimiento del río como espacio de confluencia de múltiples narrativas y aspiraciones. Este capítulo aspira a ofrecer un análisis detallado del río Pitillal, situándose en el centro de debates

más amplios sobre paisaje, patrimonio, y desarrollo sostenible en contextos urbanos latinoamericanos.

Métodos e instrumentos

La delimitación del área de trabajo se generó en dos polígonos de la ciudad, como áreas de trabajo se establecieron reemplazar en puntos opuestos del cauce del río, el primero en su posición oriente en la zona alta de montaña, donde existe una relación con la comunidad de origen; el segundo polígono es en la parte poniente, donde se encuentra el río con el mar, la zona más visible de la ciudad por encontrarse el entramado de la estructura turística, generando relaciones, usos y ocupaciones del territorio con otras arquitecturas turísticas.

El estudio se apoya de la identificación por parte de los habitantes de cinco elementos en el paisaje, los nodos, los caminos, los bordes, los distritos y los landmarks (hitos) (Lynch, 1960), para esto fue relevante el generar una ficha de explicación de estos conceptos para evitar el sesgo conceptual y facilitar la comprensión con los residentes entrevistados.

Definición de la población

El muestreo que se llevó a cabo fue un muestreo accidental o consecutivo, este tipo de muestreo se basa en reclutar casos hasta alcanzar la cantidad de sujetos requeridos para obtener el tamaño de muestra deseado. Estos casos se eligen de forma casual, lo que implica que los investigadores seleccionan un lugar y reclutan a los sujetos disponibles en esa ubicación para participar en el estudio.

En la actualidad, existe una creciente relevancia del Patrimonio Cultural en las sociedades debido a la diversidad de valores, usos y significados que posee. En el presente estudio se implementó un método de evaluación patrimonial que permitió valorar los elementos culturales, tanto materiales como inmateriales, así como lo paisajes. El método de evaluación aplicado es cuantitativo y de tipo multicriterio, y se basa en parámetros objetivos que en ocasiones pueden ser medidos, aunque siempre existe cierta subjetividad involucrada.

El instrumento aplicado en esta investigación es el resultado y la propuesta realizadas por Jorge Hermosilla Pla y sus coautores (2020), el instrumento surge tras el análisis de la valoración del patrimonio paisajístico. Hermosilla Pla et al., (2020) abordan cinco estudios publicados entre



Figura 1. Proceso Metodológico para definición territorial y trabajo de campo. Elaboración propia



Figura 2. Categorías de Análisis. Elaboración propia

2009 y 2016, que examinan el paisaje desde variadas perspectivas. Las publicaciones más recientes, de Varjú et al. (2014) y Delgado y Pantoja (2016), sugieren métodos evaluativos prácticos centrados principalmente en el turismo. Estas se enfocan en características físicas (relieve, agua, vegetación...) o relacionadas con la visibilidad (puntos visibles, profundidad visual, etc.) Por otro lado, las obras de Mata et al. (2009), Rechner et al. (2011) y MECD (2012) contemplan el paisaje desde enfoques distintos, como el agrícola y el cultural. A pesar de sus diferentes ópticas, sus indicadores tienen ciertas coincidencias, enfatizando valores sociales e integridad. Además, destacan otros aspectos como la singularidad y relevancia territorial. Estos estudios, al ser teóricos, no se basan en definiciones detalladas ni usan parámetros específicos. Además, no se nota un progreso claro en la manera de emplear los indicadores o en su profundidad a lo largo del tiempo.

Polígono de Trabajo	Colonia	Población	Extensión Territorial m²
A	San Esteban	4643	470,687.62
A	Independencia	3848	759,714.79
B	Aramara	1660	133,344.47
B	Palmar de Aramara	1460	229,478.98

Tabla 1. Composición demográfica de las colonias analizadas. Elaboración propia

Se propone un enfoque unificado para la evaluación del Patrimonio Cultural Material, Inmaterial y Paisajístico, que se basa en una estructura jerarquizada de tres categorías de valores: valores intrínsecos, valores patrimoniales y valores potenciales y de viabilidad, las cuales se dividen en criterios y variables. Se ha procurado mantener los mismos indicadores en todos los modelos, aunque se han adaptado a las particularidades de cada caso. La tabla 2 muestra las categorías y criterios evaluados mediante el instrumento utilizado.

Categorías	Criterios
	Representatividad
Valores Intrínsecos	Autenticidad
	Integridad ecológica
	Estructura geofísica/ambiental
	Visibilidad
	Histórico
Valores Patrimoniales	Social
	Simbólico / Identitario
	Artístico
	Cultural
	Concienciación de agentes sociales
Valores Potenciales y de Viabilidad	Participación e integración de las comunidades locales
	Rentabilidad socioeconómica
	Vulnerabilidad
	Accesibilidad

Tabla 2. Categorías de valores patrimoniales. Tomado de Evaluación del patrimonio cultural, sistema de información geográfica y territorio museo, página 125. por Hermosilla Pla, 2020, Tivant Humanidades .

Encuestas a la población local

El empleo de cuestionarios permite medir de manera cuantitativa el grado de conocimiento y valoración que la comunidad tiene acerca de sus elementos patrimoniales y paisajes.

De acuerdo con Hermosilla Pla et al. (2020) para cada técnica evaluativa, se ha creado un formulario compuesto por preguntas diseñadas según los estándares predefinidos. Las interrogantes son cerradas, teniendo como opciones de respuesta [sí], [no] o [no lo sabe]. Estas preguntas simplifican el análisis y la cuantificación debido a que demandan menos esfuerzo de los participantes. Los entrevistados solo deben contestar las cuestiones relacionadas con paisajes y elementos que les sean familiares, lo que ayuda a determinar el porcentaje de la población que tiene conoci-

miento sobre ellos. Las respuestas positivas se interpretan como opiniones a favor. Para obtener las puntuaciones, se divide el total de respuestas afirmativas por el total de respuestas, sin contar con la opción no lo [sabe]. Finalmente, los datos se presentan en formato decimal y de acuerdo con los grados de valor patrimonial determinados en el análisis técnico.

Se utilizó un instrumento creado por Jorge Hermosilla Pla y sus coautores para realizar una encuesta. Este instrumento consta de 15 preguntas que se corresponden con categorías y valores identificados. Además de las preguntas relacionadas con las categorías y valores, se agregaron al cuestionario preguntas sobre información sociodemográfica que incluyen: nombre, sexo, edad y colonia que habitan, para obtener datos de los encuestados. Esto proporciona un contexto más amplio para el análisis de los resultados.

La elección de utilizar un Formulario de Google para la aplicación de la encuesta tiene varias ventajas. En primer lugar, facilita la administración de la encuesta, ya que se puede enviar fácilmente a los participantes y recopilar las respuestas de manera rápida y eficiente. Además, al utilizar un formulario en línea, los datos se pueden recopilar de manera inmediata, lo que permite obtener estadísticas fundamentales para la investigación sin demoras significativas. El uso de herramientas digitales como los formularios en línea también ofrece la posibilidad de realizar análisis automáticos de los datos recopilados, lo que facilita la obtención de conclusiones y resultados más precisos.

Desarrollo

En el presente documento se aborda la relación entre los habitantes de los márgenes del Río Pitillal en Puerto Vallarta y su entorno urbano, con un enfoque en la percepción del paisaje como patrimonio natural y cultural. Este análisis se basa en el proceso histórico de ocupación de la zona y en la morfología urbana que ha dado lugar a patrones de uso en la construcción habitacional, que se reflejan en la incorporación de materiales y colores en el crecimiento urbano.

Para comprender la importancia del paisaje como patrimonio, se parte del estudio del estado del arte en este ámbito, con la finalidad de identificar las relaciones que se construyen con el río por parte de la comunidad local, la escala, la biodiversidad y los colores que caracterizan su contexto. En este sentido, se busca reconocer a las prácticas sociales, las formas arquitectónicas y los colores que se suceden en el río como elementos del patrimonio cultural.

Patrimonio Cultural				
Riegl (1903)	Icomos (1979)	Lipe (1984)	Losada (1999)	Ballart y Juan (2001)
<p>2 criterios generales (3 y 2 específicos, y 2 variables):</p> <p>1. Valores rememorativos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valor de antigüedad • Valor histórico • Valor rememorativo intencionado <p>2. Valores de contemporaneidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valor de uso o instrumental • Valor artístico • Valor de novedad • Valor artístico relativo 	<p>5 criterios:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Estético 2. Histórico 3. Científico 4. Social 5. Espiritual 	<p>4 criterios:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Económico 2. Estético 3. Asociativo / Simbólico 4. Informativo 	<p>2 criterios generales (3 y 5 específicos):</p> <p>1. Valores culturales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valor de identidad • Valor técnico o artístico relativo • Valor de originalidad <p>2. Valores socioeconómicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valor económico • Valor funcional • Valor educativo • Valor social • Valor político 	<p>3 criterios:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Valor de uso 2. Valor formal 3. Valor simbólico
Throsby (2001)	Mason (2002)	Aguilar (2007)	O'Connor (2011)	
<p>6 criterios</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Valor estético 2. Valor espiritual 3. Valor social 4. Valor histórico 5. Valor simbólico 6. Valor de autenticidad 	<p>2 criterios generales (5 y 5 específicos):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Valores socioculturales <ul style="list-style-type: none"> • Histórico • Cultural/ simbólico • Social • Espiritual/ religioso • Estético 2. Valores económicos <ul style="list-style-type: none"> • Valor de uso de mercado • Valor de no uso de mercado • Existencia • Opción • Legado 	<p>5 criterios</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Estético 2. Histórico 3. Simbólico 4. Uso 5. Científico 	<p>6 criterios:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Significancia en relación a un grupo determinado 2. Interpretación histórica 3. Rareza, Calidad y Representatividad 4. Cualidades estéticas 5. Contexto 6. Sostenibilidad 	

Heritage Branch, Department Of Environment And Heritage Protection (2013)	Meecd (2015)	Unesco (2017)
8 criterios generales (con específicos): 1. Histórico (evolución) 2. Rareza, excepcionalidad 3. Histórico 4. Arquitectónico 5. Estético 6. Tecnológico 7. Social 8. Histórico (persona o grupo)	2 criterios generales (4 y 3 específicos): 1. Valores intrínsecos <ul style="list-style-type: none"> • Autenticidad • Integridad • Artístico/ expresivo • Técnico 2. Sociales o culturales <ul style="list-style-type: none"> • Singularidad • Simbólico • Histórico, documental o representatividad 	10 criterios + 2 adicionales: 1. Excepcionalidad 2. Tecnológico 3. Singularidad etnográfica 4. Arquitectura 5. Uso del medio 6. Artístico-Patrimonial 7. Paisajístico 8. Geológico 9. Ecobiológico 10. Biodiversidad Autenticidad Integridad

Figura 3. Valores patrimoniales. Tomado de *Evaluación del patrimonio cultural, sistema de información geográfica y territorio museo*, página 68. por Hermosilla Pla et al., 2020, *Tirant Humanidades*.

La teoría de Elinor Ostrom (1990) sobre el gobierno de los bienes comunes se enfoca en la gestión sostenible y cooperativa de los recursos comunes por parte de las comunidades que los utilizan. En el caso de los ríos en Puerto Vallarta, México, hay varios actores involucrados, incluyendo a los habitantes locales, las empresas turísticas, el gobierno municipal y los grupos ecologistas. Cada uno de estos actores tendría intereses y necesidades diferentes con respecto a los ríos, pero todos tendrían que trabajar juntos para preservar y gestionar los recursos hídricos de manera sostenible.

A su vez E. Ostrom (1990) propone la creación de una organización de usuarios para la identificación y gestión de los recursos naturales, esto en el caso de estudio que son los ríos, pudiera establecer una conformación por representantes de los diferentes interesados en la gestión del recurso hídrico, quienes se reunirían para establecer acuerdos y normas que permitan un uso colectivo y responsable del agua. Algunas de estas normas podrían incluir la prohibición de contaminar el agua, la implementación de sanciones para aquellos que incumplan con las normas, y la cooperación en proyectos de limpieza y restauración.

Con base en esta teoría, se propone la creación de una organización de gestión de los recursos hídricos. Dicha organización estaría conformada

por actores locales, empresas turísticas, gobierno municipal y grupos ecologistas, con la finalidad de establecer acuerdos y normas que permitan un uso colectivo y responsable del agua. El objetivo principal es evitar el uso insostenible y proteger los recursos a largo plazo para garantizar su disponibilidad futura.

Ostrom sugiere que los usuarios de los recursos deben crear sus propias reglas y normas de gestión. En este sentido, la organización de gestión de los recursos hídricos podría promover la cooperación en proyectos de limpieza y restauración, monitorear el uso del recurso y establecer sanciones para aquellos que incumplan las normativas de uso del agua.

Además, para mejorar la colaboración entre los actores, se deben desarrollar programas educativos y campañas de concienciación que permitan sensibilizar sobre la importancia de la conservación del recurso hídrico y la necesidad de su uso sostenible. Estas medidas también podrían tener un impacto en la mejora de la calidad de vida de la población que depende de los ríos. En este sentido, se podrían establecer programas educativos y campañas de concienciación, con el fin de sensibilizar a la población sobre la importancia del cuidado del recurso hídrico y la necesidad de su uso sostenible.

Ostrom señala que es importante contar con mecanismos de monitoreo y evaluación del uso del recurso, mediante la recolección de datos y la creación de indicadores que permitan conocer el estado del recurso, identificar problemas y tomar decisiones informadas para su gestión.

En este análisis se hace uso de las teorías de Kevin Lynch, Jane Jacobs y Lefebvre para comprender la relación entre los habitantes y su entorno urbano. Kevin Lynch en su obra *La imagen de la ciudad* sostiene que la imagen urbana es un elemento fundamental para la identificación de los habitantes con su ciudad, y que esta imagen se construye a partir de elementos como los edificios, los espacios públicos, los monumentos y los paisajes. Para Jane Jacobs, la ciudad es un organismo vivo que se desarrolla a partir de la interacción de sus habitantes y que para ser sostenible debe ser capaz de adaptarse a los cambios en su entorno. Por su parte, Lefebvre sostiene que el espacio urbano es un producto social que se construye a partir de la interacción entre los habitantes y el entorno.

Autor	Categoría	Elementos más relevantes
Elinor Ostrom (1990)	Teoría del gobierno de los bienes comunes	Gestión sostenible y cooperativa de los recursos hídricos, organización de usuarios, acuerdos y normas, prohibición de contaminación del agua. Creación de una organización de gestión de los recursos hídricos, cooperación en proyectos de limpieza y restauración, monitoreo del uso del agua
Gari (2014)	Referencia	Propuesta de conformación de una organización de usuarios para la gestión del recurso hídrico
Poteete, Jansen y Ostrom (2010)	Referencia	Programas educativos y campañas de concienciación, mejora de la calidad de vida de la población
Conagua (2021)	Referencia	Programas educativos y campañas de concienciación sobre el cuidado y uso sostenible del agua
Sánchez & Inzunza (2017)	Referencia	Mecanismos de monitoreo y evaluación del uso del recurso hídrico, recolección de datos, creación de indicadores
Kevin Lynch	Teoría de la imagen de la ciudad	Elementos urbanos que contribuyen a la identificación de los habitantes con su ciudad
Jane Jacobs	Teoría del desarrollo urbano sostenible	La ciudad como un organismo vivo que se adapta a los cambios en su entorno
Henry Lefebvre	Teoría del espacio urbano	Interacción entre los habitantes y el entorno para construir el espacio urbano

Tabla 3.- Elementos teóricos de exponentes y su relación con los elementos más relevantes para su análisis. Elaboración Propia

En este estudio, se parte de una metodología de investigación cualitativa que incluye el estudio cartofiguras, visual y etnofiguras, así como la realización de entrevistas a los habitantes de la zona de estudio. Se establecen dos áreas de trabajo en puntos opuestos del cauce del río, con el objetivo de generar una zona de diagnóstico y ocupación formal de las arquitecturas que se encuentran presentes en los límites del cauce del río, que conviven con una cota alta de montaña en su parte oriente y generan otros tipos de ocupación en su desembocadura en el poniente.

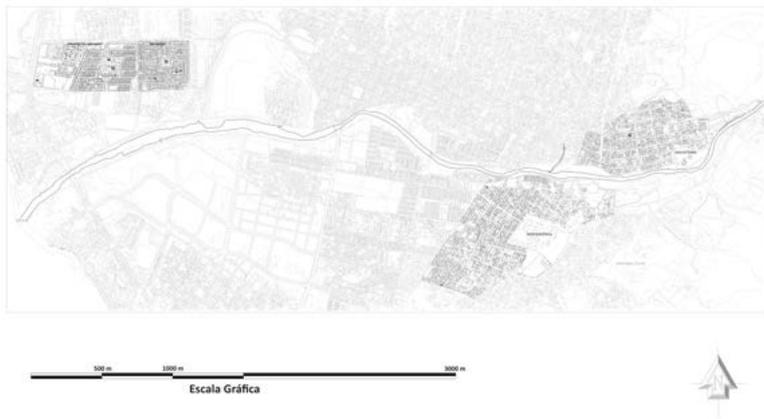


Figura 4. Mapa de los polígonos de trabajo. Elaboración Propia

Caracterización de los polígonos de trabajo; análisis socioeconómico de las colonias, Aramara, Palmar de Aramara, San Esteban e Independencia.

Para realizar esta correlación, se consultaron los datos del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, así como los microdatos del Instituto de Información Estadística y Geografía de Jalisco. A continuación, se presenta un informe detallado de la situación económica de las colonias Aramara, Palmar de Aramara, San Esteban e Independencia en los márgenes del Río Pitillal en Puerto Vallarta. Se presentan a continuación los análisis por colonias:

Aramara: según los datos del Censo de Población y Vivienda 2020, Aramara tiene una población de 13,616 habitantes, de los cuales el 44.6% se encuentra en situación de pobreza. El ingreso promedio mensual por hogar es de \$13,942 pesos y el 3.3% de los hogares tienen ingresos mayores a \$50,000 pesos mensuales. En cuanto a la educación, el 5.5% de la población mayor de 15 años no sabe leer ni escribir, mientras que el 23.7% cuenta con educación superior. Respecto a la vivienda, el 70.8% de las viviendas tienen agua entubada, el 63.8% cuenta con drenaje y el 96.1% cuentan con energía eléctrica.

Palmar de Aramara: esta colonia cuenta con una población de 20,433 habitantes, de los cuales el 40.4% se encuentra en situación de pobreza. El ingreso promedio mensual por hogar es de \$14,105 pesos y el 3.4% de los hogares tienen ingresos mayores a \$50,000 pesos mensuales. El 7.6% de la población mayor de 15 años no sabe leer ni escribir, mientras que el

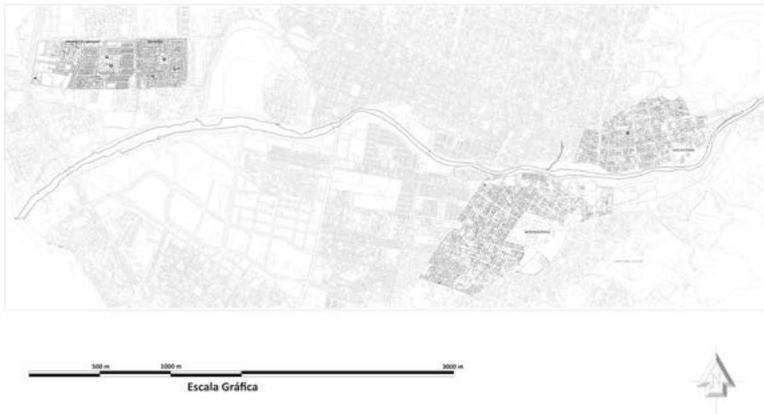


Figura 5. Mapa de la colonia San Esteban. Elaboración Propia

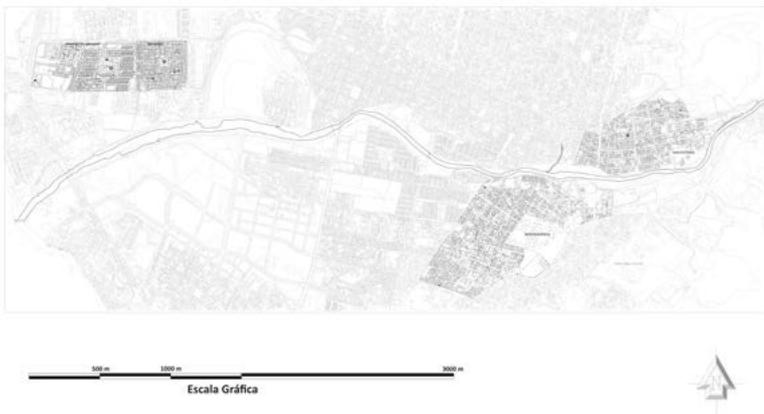


Figura 6. Mapa de la colonia Independencia. Elaboración Propia

25.6% cuenta con educación superior. En cuanto a la vivienda, el 76.7% de las viviendas tienen agua entubada, el 69.7% tiene drenaje y el 96.6% cuenta con energía eléctrica.

San Esteban: según el Censo de Población y Vivienda 2020, San Esteban tiene una población de 10,420 habitantes, de los cuales el 47.9% se encuentra en situación de pobreza. El ingreso promedio mensual por hogar es de \$11,684 pesos y el 1.4% de los hogares tienen ingresos mayores

a \$50,000 pesos mensuales. El 6.2% de la población mayor de 15 años no sabe leer ni escribir, mientras que el 23.4% cuenta con educación superior. Respecto a la vivienda, el 65.5% de las viviendas tienen agua entubada, el 62.2% tiene drenaje y el 94.9% cuenta con energía eléctrica.

Independencia: esta colonia cuenta con una población de 16,067 habitantes, de los cuales el 48.1% se encuentra en situación de pobreza. El ingreso promedio mensual por hogar es de \$10,553 pesos y el 1.5% de los hogares tienen ingresos mayores a \$50,000 pesos mensuales. El 8.1% de la población mayor de 15 años no sabe leer ni escribir, mientras que el 22.4% cuenta con educación superior. En cuanto a las viviendas el 69.8% de las viviendas en la colonia Independencia tienen un solo núcleo familiar, mientras que el 30.2% tienen dos o más núcleos familiares. Además, el 92.4% de las viviendas tienen servicios básicos como agua, electricidad y drenaje.

Con base en el análisis previo de los datos obtenidos del Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco y del INEGI 2020, se puede observar una realidad compleja y heterogénea en las cuatro colonias ubicadas en los márgenes del río Pitillal en Puerto Vallarta: Aramara, Palmar de Aramara, San Esteban e Independencia.

En la colonia Aramara, se destaca la presencia de una población mayoritariamente joven y adulta, con una tasa de desempleo relativamente baja. Además, el índice de marginación es moderado y la mayoría de las viviendas cuentan con servicios básicos. Sin embargo, también se observa una gran disparidad económica, con una parte de la población en situación de pobreza extrema y carencias en servicios como agua potable y drenaje. Por otro lado, en Palmar de Aramara, se encuentra una población más diversa en términos de edad y nivel socioeconómico. Se observa una tasa de desempleo más elevada y un nivel de marginación alto. Las viviendas en esta colonia presentan características diversas, desde construcciones precarias hasta edificios de departamentos de lujo.

En cuanto a San Esteban, se evidencia una población mayoritariamente adulta y con un índice de marginación moderado. Sin embargo, el desempleo en esta colonia es alto y las viviendas presentan deficiencias en cuanto a servicios básicos como agua potable y drenaje. Finalmente, en la colonia Independencia, se encuentra una población mayoritariamente joven, con un índice de marginación elevado y una tasa de desempleo alta. Además, las viviendas en esta colonia presentan importantes carencias en servicios básicos.

En conclusión, la realidad socioeconómica y urbana en las cuatro colonias aledañas al río Pitillal en Puerto Vallarta es diversa y compleja. Los

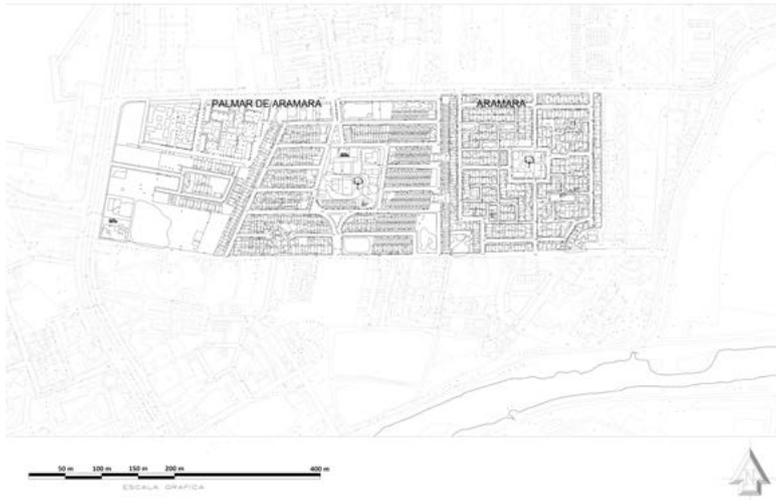


Figura 7. Mapa de las colonias Palmar de Aramara y Aramara. Elaboración Propia

datos obtenidos muestran la necesidad de políticas públicas que atiendan a las particularidades de cada colonia, buscando reducir las desigualdades socioeconómicas y mejorar las condiciones de vida de su población.

Sendas, hitos y bordes del río Pitillal

El río Pitillal en Puerto Vallarta puede ser analizado a partir de los conceptos de sendas, bordes, e hitos, planteados por Kevin Lynch en su obra *The Image of the City* (1960). Según Lynch, una senda es un camino o ruta de tránsito que se utiliza con frecuencia, un borde es un límite que separa dos áreas y puede ser natural o construido, y un hito es un punto de referencia reconocido por una comunidad. Estos elementos pueden contribuir a la identidad y percepción de un lugar por parte de sus habitantes.

En el caso del río Pitillal, se puede identificar una senda a lo largo de su cauce, donde se han desarrollado caminos y senderos utilizados por los habitantes de la zona para transitar y realizar actividades recreativas. Estos caminos pueden ser de tierra o asfalto y varían en su grado de acceso y mantenimiento.

En cuanto a los bordes, se pueden identificar tanto los naturales como los construidos. En el caso del río, los bordes naturales son la vegetación que lo rodea, la topografía y la presencia de acantilados en algunas áreas. Los bordes construidos son los muros de contención y las viviendas y edificios que se encuentran en sus márgenes.

Finalmente, en cuanto a los hitos, se pueden identificar varios puntos de referencia reconocidos por la comunidad. Entre ellos se encuentran el puente que conecta la calle México con la avenida Prisciliano Sánchez, la desembocadura del río en el mar, y las escuelas que se encuentran cerca de su cauce.

Según datos obtenidos del Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco, en la zona aledaña al río Pitillal se encuentran barrios con un alto índice de marginación y baja calidad de vida, con una población mayoritariamente joven y de bajos ingresos. Además, las viviendas en la zona presentan en su mayoría condiciones de hacinamiento y falta de servicios básicos.

Es importante destacar que la percepción de los habitantes de la zona en relación con el río y su entorno puede variar según su edad, segmento económico y las características de su vivienda. Por ejemplo, los habitantes más jóvenes pueden utilizar las sendas del río para actividades recreativas, mientras que aquellos de mayor edad pueden tener una percepción más nostálgica de su entorno y considerar el río como un elemento de su patrimonio cultural. La presencia de bordes construidos en la zona también puede afectar la percepción de los habitantes, ya que la calidad y apariencia de las viviendas y edificios que se encuentran en las márgenes del río pueden influir en la percepción del entorno.

La colonia Aramara y Palmar de Aramara en Puerto Vallarta es una zona de la ciudad que presenta una complejidad en su estructura urbana, lo que hace que la percepción de sus habitantes respecto a su entorno sea diferente a la de otros sectores de la ciudad. En este sentido, el trabajo de Kevin Lynch en *The Image of the City* (1960) es relevante para analizar la forma en que los habitantes perciben y construyen su entorno urbano.

De acuerdo con Lynch, la imagen de la ciudad está compuesta por cinco elementos clave: los caminos, los bordes, los distritos, los nodos y los hitos. Estos elementos son percibidos por los habitantes de la ciudad y contribuyen a la construcción de su identidad y sentido de pertenencia a su entorno urbano. En el caso de la colonia Aramara y Palmar de Aramara, se pueden identificar elementos como la avenida Francisco Villa como un camino importante y la presencia del río Pitillal como un borde natural que define el área.

Para profundizar en el análisis de esta zona de la ciudad, se pueden utilizar datos del Censo de INEGI, (2020). Al correlacionar los microdatos disponibles, se pueden obtener resultados interesantes sobre la edad y el

segmento económico de la población que habita en la zona, así como las características de sus viviendas.

En cuanto a la edad de la población, se observa que la colonia Aramara y Palmar de Aramara presenta un perfil envejecido, con una población mayor de 60 años que supera el 20% del total. Esto indica que se trata de una zona con una población de edad avanzada que ha establecido su hogar en esta área de la ciudad. A su vez, se identifica un segmento económico bajo, con un porcentaje significativo de población con ingresos menores a dos salarios mínimos. Esta situación puede tener un impacto en las condiciones de vida de los habitantes de la zona y en la calidad de las viviendas.

En cuanto a las características de las viviendas, se observa que la mayoría de las viviendas son de tipo casa o departamento, y la gran mayoría son de construcción de concreto. También se identifican diferencias en el tamaño de las viviendas, con un porcentaje significativo de hogares con una sola habitación. Esto puede indicar una densidad poblacional alta y una falta de espacio para la convivencia y el desarrollo de actividades comunitarias.

En conclusión, el análisis de la colonia Aramara y Palmar de Aramara en Puerto Vallarta a partir de la obra de Kevin Lynch permite identificar elementos clave en la percepción del entorno urbano por parte de sus habitantes. Al correlacionar estos datos con los microdatos del Censo de INEGI, (2020), se pueden obtener resultados interesantes sobre la edad, el segmento económico y las características de las viviendas en la zona. Este análisis es relevante para comprender mejor las dinámicas urbanas en esta área de la ciudad y para proponer medidas que mejoren la calidad de vida de sus habitantes.

La colonia San Esteban e Independencia en Puerto Vallarta presenta una compleja trama urbana con características específicas en cuanto a su morfología y uso del espacio, lo que la hace un objeto de estudio interesante desde la perspectiva de la obra de Kevin Lynch y Jane Jacobs, así como desde el enfoque del paisaje y patrimonio natural.

En su obra *The Image of the City* (1960), Lynch propone que la forma en que los habitantes de una ciudad perciben y utilizan el espacio urbano está condicionada por su morfología y estructura. De esta forma, se puede entender cómo los habitantes de la colonia San Esteban e Independencia perciben su entorno a partir de las características de su espacio, como las vías de acceso, la presencia de espacios verdes, los edificios de uso residencial, comercial o industrial y las zonas de esparcimiento.

Por su parte, Jane Jacobs en *The Death and Life of Great American Cities* (1961) aboga por una ciudad más diversa y heterogénea, que promueva la interacción social y el uso del espacio público. En la colonia San Esteban e Independencia se pueden identificar algunos de los principios que propone Jacobs, como la importancia de la mezcla de usos en una misma zona y la creación de espacios públicos que fomenten la interacción social entre los habitantes, esta mixtura en los usos de suelo no aparece como una estrategia integrada en los instrumentos de planeación vigentes en Puerto Vallarta, sino una respuesta de estas zonas que se encuentran en el periurbano para crear comercio y servicios en escala urbana.

Desde el enfoque del paisaje y patrimonio natural, es importante destacar la presencia del río Cuale en la zona, el cual es un elemento natural de gran valor ecológico y paisajístico para la ciudad. La colonia San Esteban e Independencia se encuentra en las inmediaciones del río, por lo que es importante analizar la relación que los habitantes de la zona tienen con este elemento y cómo lo perciben como patrimonio natural.

Para profundizar en el análisis de la colonia San Esteban e Independencia, se pueden utilizar los datos del Censo de INEGI, 2020 y sus microdatos para correlacionar variables como la edad, el segmento económico y las características de las viviendas en la zona. De esta forma, se pueden identificar patrones en la forma en que los habitantes de la colonia utilizan el espacio urbano y cómo lo perciben como parte de su entorno.

Por ejemplo, se podría analizar cómo la edad de los habitantes de la zona influye en su percepción del espacio urbano, o cómo el segmento económico al que pertenecen se relaciona con la calidad de las viviendas y su relación con el entorno. También se podrían correlacionar variables como la presencia de espacios verdes y su impacto en la calidad de vida de los habitantes de la colonia.

Valores en el Patrimonio

El patrimonio natural es considerado como “aquellos espacios que no han sido alterados por los seres humanos y que guardan (a nuestro modo de ver humano) una belleza única” (Chávez Aguayo, 2015, p. 129), esto alude a un paisaje. Cabe resaltar que el patrimonio natural posee cualidades particulares, es un elemento que se “hereda” a las futuras generaciones y se persigue su conservación para que se pueda seguir gozando de ello en el futuro, sin embargo, se torna “cultural” cuando le damos un significado que lo hace digno preservarse. En ese sentido estricto, no es completa-

mente “natural”. Sin embargo, la distinción que se hace en esta tipología no está puesta en la significación, sino en que, en este tipo de patrimonio, el ser humano no ha alterado el espacio.

Querol Fernández (2010) señala que gracias al patrimonio podemos (re) construir nuestra historia porque funge como prueba de nuestro pasado que, aunque no nos parezca, cobra una dualidad en tanto que refleja un rasgo “heroico” pero también su lado sombrío (como todo lo humanamente creado); a su vez aporta a la sustancia cultural de una sociedad en dirección de brindar identidad, orgullo y cohesión, de igual manera ejerce un papel relevante en el rubro de la economía puesto que, al ser motivo de orgullo, pretendemos presumir a otras sociedades, así adquiere un carácter orientado al ámbito del turismo.

La idea de patrimonio, es decir aquellos bienes que poseemos y de igual manera la idea de bien cultural nos hace saber que estamos ante algo que tiene un valor. “Valor en el sentido de valía, es decir, de percepción de cualidades estimables en una cosa, no de valor en un sentido teórico o meramente especulativo” (Ballart, 1997, p.61).

Los valores se utilizan con mayor frecuencia en uno de dos sentidos: primero, como moral, principios u otras ideas que sirven como guías para acción (individual y colectiva); y segundo, en referencia a las cualidades y características que se ven en las cosas, en particular a las características positivas (actuales y potenciales) para el campo de la gestión patrimonial deben considerarse como el segundo enfoque (Mason, 2002, p. 07). Ballart Hernández por su parte propone un modelo de 3 valores, valor de uso, valor formal y valor simbólico o significativo.

a) Un valor de uso. Nos referiremos a valor de uso en el sentido de pura utilidad, es decir, evaluaremos el patrimonio pensando que sirve para hacer con la alguna cosa, que satisface una necesidad material o de conocimiento o un deseo. Es la dimensión utilitaria del objeto histórico.

b) Un valor formal. Este valor responde al hecho indiscutible que determinados objetos son apreciados por la atracción que despiertan a los sentidos, por el placer que proporcionan por razón de la forma y por otras cualidades sensibles, y por el mérito que presentan.

c) Un valor simbólico-significativo. Por valor simbólico entenderemos la consideración en que se tienen los objetos del pasado en tanto que son vehículos de alguna forma de relación entre la persona o personas que los produjeron o los utilizaron y sus actuales receptores. En este sentido, los objetos actúan como presencias sustitutivas y

hacen de nexo entre personas separadas por el tiempo, por lo que son testimonio de ideas, hechos y situaciones del pasado. Hay que precisar que, ya que todo objeto histórico es un vehículo portador de mensajes y que las relaciones que se establecen entre el recurso y las personas son muy complejas, es aconsejable tomar en consideración las técnicas de análisis que la semiología aplica a la teoría de la comunicación y utilizarlas en la delimitación de este grupo de valores que hemos calificado de simbólicos. Entonces veremos que en vez de valor simbólico será preferible hablar de valor (Ballart Hernández, 1997).

Mason (2002) por su parte adopta una perspectiva antropológica y valora el intento de comprender la gama completa de valores y procesos de valoración vinculados al patrimonio. Estos valores están anclados a, conectados con o son detonados por cosas: objetos, lugares o también prácticas, historias y recuerdos (Johnston, 2017, p. 5). A menudo, los valores sociales y estéticos se activan a través de la experiencia. La autora establece la existencia de tantos tipos diferentes de valores, y las interacciones entre ellos son tan complejas, que una más manera eficaz de tratar este problema tiene que comenzar con una manera clara, efectivamente neutral y acordada de caracterizar diferentes tipos de valor patrimonial, como se ve en la amplia variedad de partes interesadas en los esfuerzos de conservación.

A menudo se hace una amplia distinción entre economía y los valores culturales como las dos metacategorías primarias de valor patrimonial. Esta distinción ha servido como un punto de partida; sin embargo, defender la separación de las esferas económica y cultural es insostenible. El comportamiento económico no puede estar más allá, o separado de la cultura, que por definición es “modos de convivencia” o actitudes y conductas transmitidas. De hecho, la economía es una de las subculturas más dominantes: formas de vida juntos en muchas sociedades. (Mason, 2002. p.10)

El patrimonio cultural puede ser valorado en distintas dimensiones y, según Velasco Salinas (2020), la valoración social es uno de los ejes principales para la gestión de los objetos culturales, ya que las construcciones simbólicas y ponderaciones axiológicas que las personas hacen de los bienes culturales son fundamentales. De acuerdo con Querejazu (2003), el valor del patrimonio radica en su componente conceptual intangible, que sustenta y justifica su existencia. La valoración social es esencial para reconocer el patrimonio cultural como algo propio o reconocible por ciertos sectores de la sociedad, como sostienen Criado y Barreiro (2013). La protección, gestión y conservación del patrimonio no pueden resolverse

adecuadamente sin tener en cuenta esta valoración, ya que, si algo no se aprecia, deja de ser valorado como patrimonio y su conservación plantea problemas prácticos.

Para Johnston (2017), el valor social se asocia con lugares que la gente percibe como fuente de identidad, distintividad, interacción y cohesión social. La significación social, por su parte, involucra un diálogo interminable entre individuos y comunidades con los paisajes en los que habitan y busca articular estas relaciones casi inefables mediante métodos etnográficos y de participación social para integrarlas en una estructura patrimonial. La significación social surge como un contradiscurso diferente al discurso dominante del patrimonio cultural centrado en lo tangible y particularmente en la conservación de los tejidos y entornos construidos. El valor social y la significación social del patrimonio habilitan y facilitan las conexiones sociales y relaciones en un sentido amplio, no necesariamente relacionados con los valores históricos centrales del patrimonio, y generan cohesión, identidad comunitaria u otros sentimientos de afiliación que los grupos desarrollan a partir del patrimonio y las características ambientales de su territorio de origen (Mason, 2002). La apropiación social del patrimonio cultural implica reconocer ciertos bienes y prácticas culturales como pilares de la memoria y la identidad propias, pero también puede ser instrumentalizada para determinados fines económicos, políticos o sociales (Arenas, 2020).

Levantamiento de campo y aplicación del instrumento en los polígonos de estudio

Polígono de Trabajo	Colonia	Fotografías de levantamiento de Campo
A	San Esteban	Figura 5
A	Independencia	Figura 6
B	Aramara	Figura 7
B	Palmar de Aramara	Figura 7

Tabla 4.- Levantamiento de campo y aplicación del instrumento en los polígonos de estudio. Elaboración propia



Figura 8. Colonia San Esteban. Elaboración propia

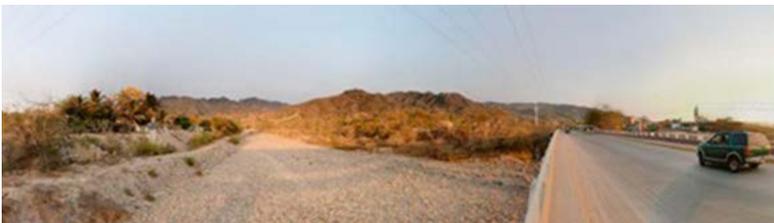


Figura 9. Colonia Independencia. Elaboración propia



Figura 10. Colonias Palmar de Aramara y Aramara. Elaboración propia



Figura 11. Levantamiento de campo, aplicación de instrumento. Elaboración propia

Resultados

En este apartado se incluyen las respuestas obtenidas de la aplicación del instrumento a 143 habitantes de las colonias, donde la intención fue generar un registro que funcione a manera de identificación de las categorías establecidas para el análisis cualitativo del espacio.

Dentro de la Figura 12 se puede identificar la participación en el proceso de trabajo de campo con una mayor presencia de hombres, socializando o haciendo deporte.

La edad con mayor representatividad dentro de la aplicación del instrumento se encuentra dentro de los rangos 30 a 39 años y 50 a 59 años, como se muestra dentro del Figura 13. Dentro de estas categorías se encontró una mayor representatividad de hombres en actividades de ocio y actividades físicas o deportivas.

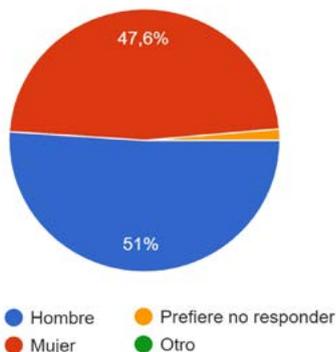


Figura 12. Sexo de los encuestados. Elaboración propia

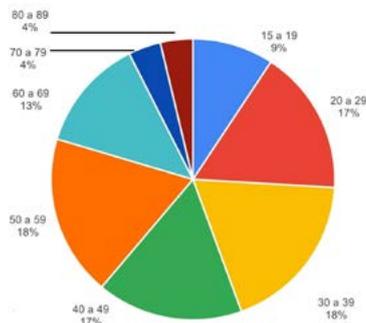


Figura 13. Edad. Elaboración propia

Uno de los objetivos dentro de la investigación fue el incluir la representatividad de cada una de las colonias, encontrando una mayor participación en las colonias San Esteban e Independencia, zonas de menor ingreso económicos y menos cercanas al área turística, donde los habitantes se encontraron con una mejor actitud para la participación en la aplicación del instrumento. En el Figura 14 se muestra esta relación.

Al analizar los resultados obtenidos de la pregunta sobre si el paisaje del río Pitillal es el característico o predominante en el territorio, podemos observar en el figura 15, el 60.8% de los participantes respondieron afirmativamente, mientras que el 30.1% respondió negativamente. Además, un 9.1% indicó no saberlo. Estos resultados reflejan una percepción mayoritaria de que el paisaje del río Pitillal es característico y predominante en el territorio. Esto puede ser atribuido a diversos factores, como la presencia visual y física del río en la zona, así como la importancia que tiene en la vida cotidiana de la comunidad local. Es interesante destacar que una parte significativa de los participantes reconoce la importancia y la presencia del paisaje del río Pitillal en el entorno. Esta percepción puede estar influenciada por la estrecha relación de la comunidad con el río, ya sea como fuente de agua, recurso económico o elemento cultural y recreativo. Sin embargo, es relevante considerar la opinión de aquellos que respondieron negativamente o manifestaron no saberlo. Estas respuestas podrían indicar la existencia de otras características o elementos en el territorio que compiten con el paisaje del río Pitillal en términos de dominancia o reconocimiento. Estos resultados nos invitan a reflexionar sobre la diversidad de percepciones y experiencias que pueden existir

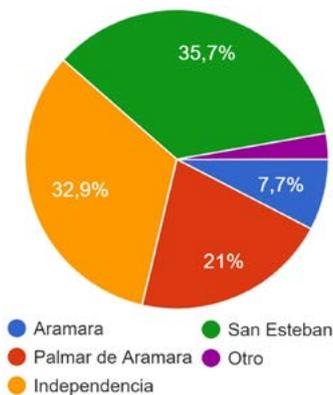


Figura 14. Colonia donde vive el encuestado.
Elaboración propia

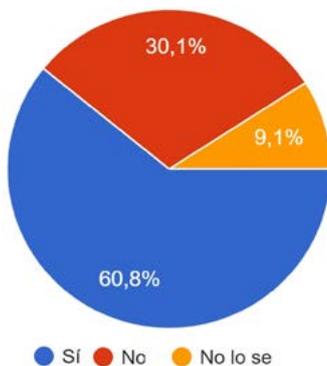


Figura 15. ¿El paisaje del río Pitillal es el característico o predominante en el territorio?
Elaboración propia

con relación al paisaje del río Pitillal. Cada individuo tiene su propia interpretación y valoración del paisaje, influenciada por sus experiencias, conocimientos y vínculos con el entorno.

Los resultados presentados dentro del figura 16 revelan que el 66.4% de los encuestados considera que el paisaje del río Pitillal no conserva su imagen tradicional, mientras que solo el 21% opina lo contrario. Un 12.6% no sabe. Estos resultados reflejan una percepción mayoritaria de cambio en la imagen tradicional del paisaje del río. Es importante analizar las causas de esta transformación y buscar estrategias para preservar y revitalizar elementos del paisaje cultural y natural en riesgo de desaparición.

Los resultados presentados dentro del figura 17 muestran que el 46.2% de los encuestados considera que el número y la variedad de especies vegetales y/o animales en el paisaje del río Pitillal son elevados. Por otro lado, el 35% opina lo contrario y el 18.9% no sabe. Estos resultados sugieren una percepción dividida en cuanto a la riqueza biológica de la zona. Es importante realizar estudios científicos y promover la educación ambiental para evaluar y conservar la diversidad de especies en el área, garantizando la protección y preservación de su hábitat natural.

La figura 18 muestra que el 46.2% de los encuestados considera que el paisaje del río Pitillal cuenta con relieves montañosos o formaciones de agua relevantes. Sin embargo, el 29.4% opina lo contrario y el 24.5% no sabe. Estos resultados indican una cierta ambigüedad en la percepción de los elementos topofiguras y acuáticos del paisaje. Es importante llevar a

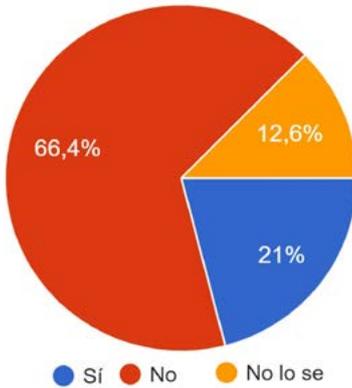


Figura 16. ¿El paisaje del río Pitillal conserva su imagen tradicional, es decir, la imagen más antigua que usted conoce? Elaboración propia

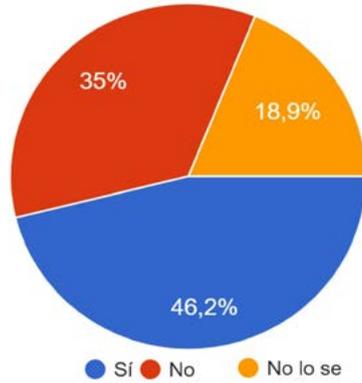


Figura 17. ¿Considera que el número y variedad de especies vegetales y/o animales es elevado? Elaboración propia

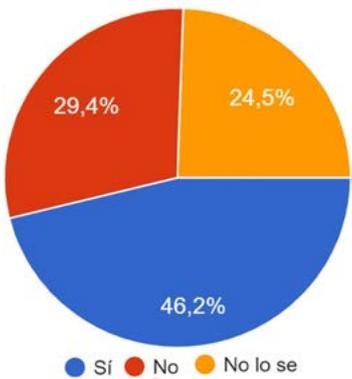


Figura 18. ¿El paisaje tiene relieves montañosos o formaciones de agua relevantes? Elaboración propia

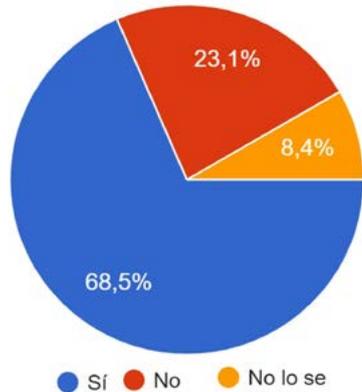


Figura 19. ¿El paisaje del río Pitillal transmite tranquilidad y puede ser observado desde diferentes puntos? Elaboración propia

cabo investigaciones geográficas y promover el conocimiento local para comprender mejor las características del terreno y los recursos hídricos en la zona, con el fin de valorar y conservar adecuadamente estos elementos naturales que contribuyen a la singularidad y atractivo del paisaje.

Los resultados presentados en la figura 19 revelan que el 68.5% de los encuestados percibe que el paisaje del río Pitillal transmite tranquilidad y

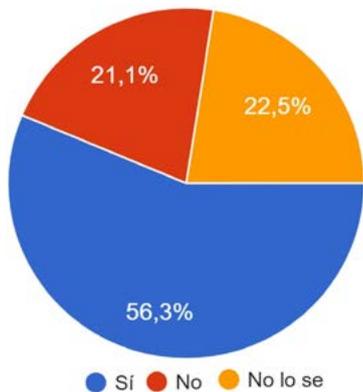


Figura 20. ¿En el paisaje del río Pitillal han sucedido acontecimientos históricos importantes o existen asentamientos de periodos relevantes? Elaboración propia

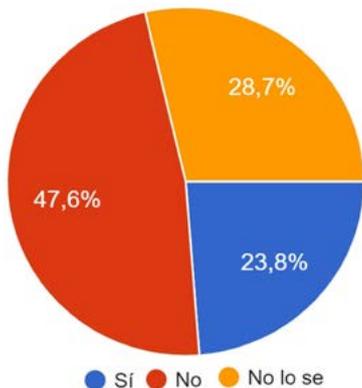


Figura 21. ¿En el paisaje del río Pitillal se desarrollan actividades productivas tradicionales u otras manifestaciones populares adaptadas al medio? Elaboración propia

puede ser observado desde diferentes puntos. Esto sugiere que la presencia del río y su entorno generan una sensación de calma y serenidad en las personas que lo contemplan. Sin embargo, el 23.1% opina lo contrario y el 8.4% no tiene certeza al respecto. Estos resultados muestran la importancia de valorar la percepción subjetiva del paisaje y reconocer que diferentes individuos pueden experimentar sensaciones y emociones diversas frente a un mismo entorno. La tranquilidad y la accesibilidad visual del paisaje del río Pitillal son aspectos que deben ser considerados en la planificación y gestión del territorio, con el objetivo de preservar y promover estos elementos que contribuyen al bienestar de la comunidad.

La figura 20 revela que más de la mitad de los encuestados (56.3%) considera que en el paisaje del río Pitillal han ocurrido acontecimientos históricos importantes o existen asentamientos de periodos relevantes. Por otro lado, un porcentaje considerable (21.1%) opina lo contrario, mientras que un segmento significativo (22.5%) no está seguro al respecto. Estos resultados resaltan la importancia de la valoración histórica y arqueológica del paisaje, así como la necesidad de investigaciones y estudios más profundos para identificar y preservar el patrimonio cultural que pueda estar presente en la zona. Además, estos hallazgos enfatizan la relevancia de integrar la dimensión histórica en la planificación y gestión del territorio, para asegurar la conservación y difusión de los valores históricos y culturales asociados al paisaje del río Pitillal.

Los resultados que se muestran en la figura 21 indican una proporción significativa de los encuestados (47.6%) considera que en el paisaje del río Pitillal no se desarrollan actividades productivas tradicionales ni otras manifestaciones populares adaptadas al medio. Por otro lado, una minoría (23.8%) percibe la presencia de estas actividades, mientras que un porcentaje considerable (28.7%) no está seguro al respecto. Estos resultados plantean interrogantes sobre la preservación de las prácticas tradicionales y el arraigo cultural en el paisaje del río Pitillal. Es importante reflexionar sobre la necesidad de promover y salvaguardar las actividades productivas y manifestaciones populares que se ajustan al entorno, ya que contribuyen a la diversidad cultural, al desarrollo sostenible y a la identidad local. Asimismo, estos resultados destacan la importancia de realizar investigaciones adicionales para evaluar la situación actual y fomentar la revitalización de las actividades tradicionales y las expresiones culturales arraigadas en el paisaje del río Pitillal.

Los resultados mostrados dentro de la figura 22 revelan que una mayoría significativa de los encuestados (57.3%) considera que el paisaje del río Pitillal tiene un valor sentimental o de identidad para los habitantes. Este hallazgo sugiere que el paisaje del río no solo es apreciado por su belleza estética, sino que también despierta una conexión emocional y un sentido de pertenencia en la comunidad. Por otro lado, un porcentaje considerable (28.7%) indica que no percibe ese valor sentimental o de identidad, mientras que un pequeño porcentaje (14%) no está seguro al respecto. Estos resultados resaltan la importancia de reconocer y valorar la relación que los habitantes tienen con el paisaje del río Pitillal, ya que esto puede influir en su percepción, uso y conservación. Es fundamental tener en cuenta esta dimensión emocional e identitaria al desarrollar proyectos y políticas que involucren el paisaje del río, fomentando la participación de la comunidad y promoviendo estrategias de conservación que respeten y refuercen el vínculo emocional de los habitantes con su entorno.

Los resultados de la figura 23 muestran opiniones divididas sobre la presencia del paisaje del río Pitillal en expresiones artísticas. Un porcentaje considerable (30.1%) considera que está presente en manifestaciones artísticas como la literatura, fotografía y pintura. Sin embargo, otro porcentaje similar (35.7%) señala que no se encuentra representado en estas formas de arte. Es relevante destacar que un porcentaje significativo (34.3%) no está seguro al respecto. Estos resultados subrayan la importancia de promover la representación artística del paisaje del río para enriquecer la apreciación y la conciencia sobre su valor estético y cultural.

Los resultados de la figura 24 revelan una falta de certeza en cuanto a la

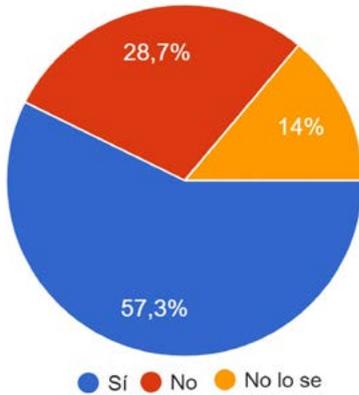


Figura 22. ¿El paisaje del río Pitillal tiene un valor sentimental o de identidad para los habitantes? *Elaboración propia*

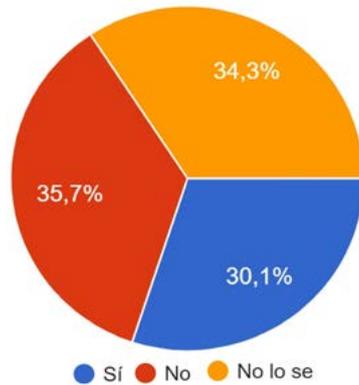


Figura 23. ¿El paisaje del río Pitillal está presente en expresiones artísticas como la literatura, la fotografía, la pintura o cualquier otra manifestación relacionada con las bellas artes? *Elaboración propia*

existencia de instituciones o colectivos preocupados por la preservación y protección del paisaje del río Pitillal y su patrimonio relacionado. Un porcentaje significativo (33.6%) no está seguro al respecto, lo cual indica una posible falta de conocimiento o información sobre estas iniciativas. Sin embargo, es alentador observar que un porcentaje considerable (35%) reconoce la existencia de tales instituciones o colectivos. Por otro lado, un porcentaje ligeramente menor (31.5%) indica que no se tiene conocimiento de su presencia. Estos resultados resaltan la importancia de fortalecer la difusión y el trabajo de estas entidades para garantizar la preservación y protección adecuada del paisaje y su patrimonio asociado del río Pitillal.

Los resultados de la figura 25 revelan una falta de conocimiento generalizado sobre la existencia de instrumentos legales o inversiones dirigidas a la protección y difusión del paisaje del río Pitillal. Un porcentaje significativo (39.9%) no está seguro si existen estos instrumentos o inversiones, lo cual indica una falta de información o conocimiento al respecto. Por otro lado, un porcentaje considerable (32.2%) indica que no existen tales instrumentos o inversiones, lo cual plantea un desafío en términos de garantizar la protección y conservación adecuada del paisaje. Sin embargo, es alentador observar que un porcentaje notable (28%) reconoce la existencia de estos instrumentos o inversiones. Estos resultados destacan la necesidad de promover y fortalecer la implementación de instrumentos legales y la realización de inversiones dirigidas a la protección y difusión

del paisaje del río Pitillal, con el fin de salvaguardar su valor cultural, ecológico y social.

Los resultados que se muestran en la figura 26 sugieren varios puntos importantes acerca de la participación de la comunidad local en la gestión del paisaje del río Pitillal. Solo el 21% de los encuestados afirmaron que la comunidad local participa activamente en la gestión del paisaje del río. Esto indica que una minoría de la población percibe una implicación activa en dichas actividades. Un 42.7% de las personas encuestadas respondieron que la comunidad local no participa en la gestión del paisaje. Esto podría indicar que la mayoría de los encuestados considera que no se está haciendo lo suficiente o que las actividades realizadas por la comunidad no son adecuadas, visibles o efectivas. Por último, un 36.4% de los encuestados respondieron que no saben si la comunidad local participa en la gestión del paisaje. Esto puede reflejar un problema de comunicación o desconocimiento de las actividades que se realizan en la gestión del paisaje del río. También podría indicar un posible desinterés o desconexión entre la comunidad y las actividades de gestión del paisaje.

Los resultados de la figura 27 muestra que hay una percepción negativa en cuanto a la generación de empleo o crecimiento socioeconómico sostenible a partir de los recursos del paisaje del río Pitillal. La mayoría de los encuestados (61.5%) considera que el paisaje no contribuye significativamente en términos de empleo o crecimiento socioeconómico. Esta percepción puede estar relacionada con la falta de oportunidades económicas relacionadas con el paisaje y la falta de desarrollo de actividades productivas en la zona. Sin embargo, es importante destacar que un porcentaje considerable (19.6%) reconoce la contribución del paisaje en la generación de empleo o crecimiento socioeconómico sostenible. Esto sugiere que existen algunas actividades o recursos en el paisaje que pueden ser aprovechados para generar beneficios económicos para los habitantes. Es necesario explorar y promover estrategias que fomenten el desarrollo sostenible y la creación de empleo a partir de los recursos del paisaje del río Pitillal, buscando un equilibrio entre la preservación ambiental y el desarrollo económico local.

Los resultados que se muestran en la figura 28, proporcionan una idea de la percepción de los encuestados acerca de las amenazas al paisaje del río Pitillal, particularmente en lo que respecta al turismo masivo, abandono, desconocimiento de los habitantes, entre otros riesgos. Un 61.5% de las respuestas indican que el paisaje del río Pitillal no está libre de amenazas. Esto muestra una percepción dominante de que el paisaje está en riesgo debido a diferentes factores, incluyendo el turismo masivo, el aban-

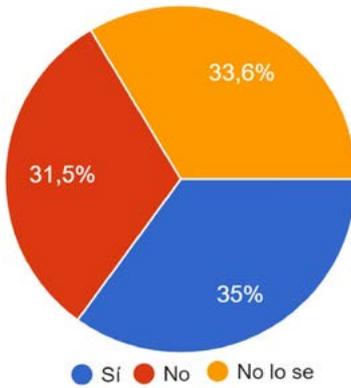


Figura 24. ¿Existen instituciones o colectivos preocupados por la preservación y protección del paisaje del río Pitillal y su patrimonio relacionado? Elaboración propia

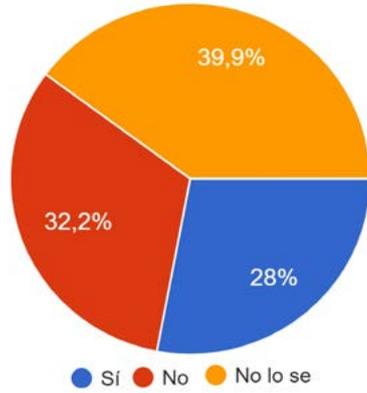


Figura 25. ¿Existen instrumentos legales o se realizan inversiones dirigidas a la protección y difusión del paisaje del río Pitillal? Elaboración propia

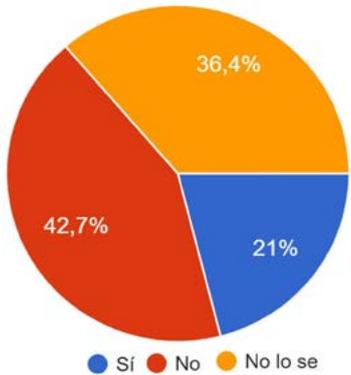


Figura 26. ¿La comunidad local participa activamente en la gestión del paisaje del río Pitillal (tareas como usos, difusión, documentación)? Elaboración propia

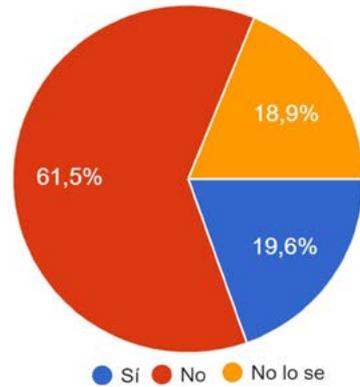


Figura 27. ¿El paisaje del río Pitillal genera empleo o crecimiento socioeconómico sostenible para los habitantes a partir de los recursos del territorio? Elaboración propia

dono, el desconocimiento de los habitantes, entre otros. Es posible que se requieran acciones de mitigación para estos problemas percibidos. Un 23.8% de los encuestados perciben que el paisaje del río Pitillal está libre de amenazas. Aunque este es un porcentaje significativo, es notablemente menor en comparación con aquellos que perciben amenazas al paisaje.

Esta diferencia sugiere que podría haber una falta de conciencia o consenso sobre el estado del paisaje. El 14.7% de los encuestados indicó que no saben si el paisaje del río Pitillal está libre de amenazas. Lo anterior, podría reflejar incertidumbre, desconocimiento o falta de información acerca del estado del paisaje y los posibles riesgos a los que se enfrenta.

Los resultados de la figura 29 revelan que la mayoría de los encuestados (65.7%) considera que es posible acceder y transitar de manera adecuada por el paisaje del río Pitillal sin experimentar saturación de visitantes. Esto indica que existe una percepción positiva en cuanto a la accesibilidad y capacidad de carga del paisaje, lo que sugiere que el entorno del río Pitillal puede ser disfrutado de manera cómoda y sin aglomeraciones significativas. Sin embargo, es importante destacar que un porcentaje considerable (16.1%) cree que puede haber saturación de visitantes, lo que indica la necesidad de gestionar adecuadamente el turismo y las actividades recreativas en la zona para evitar impactos negativos en el paisaje y garantizar una experiencia agradable para los visitantes. Además, un porcentaje significativo (18.2%) no está seguro acerca de la saturación de visitantes, lo que puede reflejar la falta de información o la necesidad de realizar estudios más detallados sobre la capacidad de carga y gestión del paisaje del río Pitillal. En general, se destaca la importancia de implementar estrategias de ordenamiento y gestión que promuevan un acceso adecuado y sostenible al paisaje, asegurando la preservación de su valor ambiental y cultural.

La última pregunta que contenía el instrumento era una pregunta abierta en la que se les preguntaba acerca de sus comentarios sobre el paisaje del río Pitillal y su valor. La diversidad de emociones y sentimientos son latentes a lo largo de los comentarios. La tristeza y la nostalgia son frecuentes, vinculadas a la degradación del río y a la comparación entre su estado actual y lo que solía ser. La apatía de algunos participantes parece estar relacionada con una desconexión entre ellos y el río, ya sea porque lo consideran irrelevante para su vida cotidiana o porque no están suficientemente informados sobre su situación.

Por otro lado, la frustración y la decepción se dirigen principalmente hacia las autoridades y el gobierno, acusados de inacción e indiferencia ante los problemas del río. En algunos comentarios, se percibe una sensación de impotencia y falta de esperanza en que las cosas puedan mejorar sin una intervención significativa.

Sin embargo, entre las emociones negativas, hay destellos de esperanza y disposición al cambio. Algunos participantes expresan su deseo de

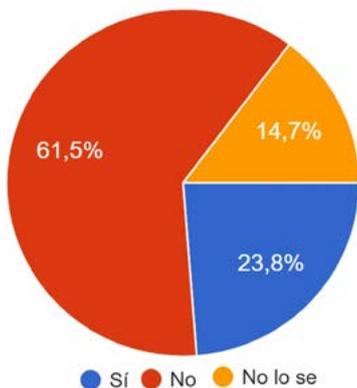


Figura 28. ¿El paisaje del río Pitillal está ausente de amenazas relacionadas con el turismo masivo, el abandono, el desconocimiento por parte de los habitantes u otro tipo de riesgos? Elaboración propia

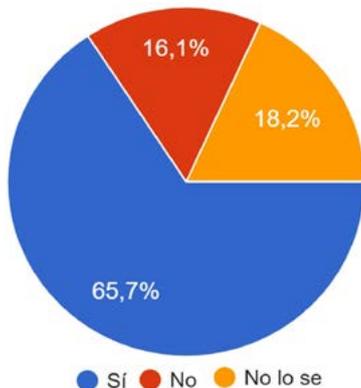


Figura 29. ¿Es posible acceder y transitar por el paisaje del río Pitillal de manera adecuada y sin saturación de visitantes? Elaboración propia

participar en la protección y conservación del río y hacen llamados a la comunidad y a las autoridades para que se involucren en este esfuerzo. Esto sugiere que, a pesar de las dificultades actuales, todavía hay una voluntad en la comunidad de mejorar la situación del río Pitillal.

Los comentarios proporcionados por los encuestados reflejan una amplia preocupación por el estado del Río Pitillal. Uno de los problemas principales que identifican los encuestados es la contaminación, manifestada en la basura y escombros que se acumulan en el río y sus alrededores. Además, muchos participantes lamentan la disminución de la biodiversidad y la escasez de agua en el río (Figura 30).

La percepción general es que el río ha sido descuidado con el tiempo, y existe una añoranza palpable por los días en los que el río era una fuente abundante de agua y un sitio atractivo para la comunidad local. Muchos encuestados hacen un llamado a la acción para proteger y preservar el río, subrayando el papel crucial que deberían desempeñar tanto el gobierno como la comunidad local. Algunos de los participantes expresan incluso su disposición a participar en esfuerzos de limpieza y conservación.

En este sentido, muchos perciben una falta de compromiso por parte de las autoridades locales y el gobierno para invertir en el cuidado y mejoramiento del río, y una cierta desesperanza en que la situación mejore sin una intervención significativa. No obstante, también se detectan comen-

nes populares adaptadas al medio. Estos hallazgos plantean interrogantes sobre la preservación de las prácticas tradicionales y el arraigo cultural en el paisaje del río Pitillal, resaltando la importancia de promover y salvaguardar estas actividades, ya que contribuyen a la diversidad cultural, al desarrollo sostenible y a la identidad local (Morera, Pinto, & Romero, 2007; Vila i Subirós et al., 2006).

Con relación al valor sentimental e identitario del paisaje del río Pitillal, la mayoría de los encuestados (57.3%) considera que este tiene un significado emocional y de pertenencia para los habitantes. Estos resultados destacan la importancia de reconocer y valorar la relación que los habitantes tienen con el paisaje del río Pitillal, ya que esto puede influir en su percepción, uso y conservación (Lynch, 1960; Jacobs, 1961).

En cuanto a la presencia del paisaje del río Pitillal en expresiones artísticas, los resultados muestran opiniones divididas. Un porcentaje considerable (30.1%) considera que está presente en manifestaciones artísticas como la literatura, fotografía y pintura, mientras que otro porcentaje similar (35.7%) indica que no se encuentra representado en estas formas de arte. Estos resultados resaltan la importancia de promover la representación artística del paisaje del río Pitillal para enriquecer la apreciación y la conciencia sobre su valor estético y cultural (Carl, 2006; Lefebvre, 1991).

Respecto a las instituciones o colectivos preocupados por la preservación y protección del paisaje del río Pitillal y su patrimonio relacionado, los resultados revelan una falta de certeza generalizada. Un porcentaje significativo (33.6%) no está seguro al respecto, mientras que un porcentaje considerable (35%) reconoce su existencia. Estos resultados resaltan la importancia de fortalecer la difusión y el trabajo de estas entidades para garantizar la preservación y protección adecuada del paisaje y su patrimonio asociado del río Pitillal.

Por último, los resultados muestran una falta de conocimiento generalizado sobre la existencia de instrumentos legales o inversiones dirigidas a la protección y difusión del paisaje del río Pitillal. Un porcentaje significativo (39.9%) no está seguro al respecto, mientras que un porcentaje notable (28%) reconoce la existencia de estos instrumentos o inversiones. Estos resultados destacan la necesidad de promover y fortalecer la implementación de instrumentos legales y la realización de inversiones dirigidas a la protección y difusión del paisaje del río Pitillal, con el fin de salvaguardar su valor cultural, ecológico y social.

En conclusión, los resultados del estudio del paisaje del río Pitillal en Puerto Vallarta revelan la importancia de gestionar adecuadamente este

entorno natural, considerando los conceptos de Lynch (1960) y Jacobs (1961). Es fundamental promover la accesibilidad y capacidad de carga del paisaje, preservar las actividades productivas tradicionales y manifestaciones populares adaptadas al medio, reconocer el valor sentimental e identitario del paisaje, promover su representación artística, fortalecer las instituciones y colectivos preocupados por su preservación y protección, y fomentar la implementación de instrumentos legales y la realización de inversiones dirigidas a su conservación. Estas acciones contribuirán a valorar y conservar el paisaje del río Pitillal, asegurando su significado cultural, ecológico y social a largo plazo.

Referencias bibliográficas

- Arenas, G. L. F. (2020). Apropriación Social del Patrimonio Cultural. Recuperado October 24, 2021, de <https://posgradosfacartes.unian-des.edu.co/curso/apropiacion-social-delpatrimonio-cultural/>
- Ballart, J. (1997). El patrimonio histórico y arqueológico: valor y uso (1st ed.; S. A. Editorial Ariel, Ed.). Barcelona
- Busquets, J., & Cortina Ramos, A. (Eds.). (2009). Gestión del paisaje: manual de protección, gestión y ordenación del paisaje (1st ed., Vol. 1). Ariel.
- Carl, O. S. (2006). La morfología del paisaje. Polis, (15). Recuperado Mayo 01, 2022, de <http://journals.openedition.org/polis/5015>
- Comisión Nacional del Agua. (2021). Programa de Medición y Monitoreo de la Calidad de los Ríos. Gobierno de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/programa-de-medicion-y-monitoreo-de-la-calidad-de-los-rios>
- Criado-Boado, F., & Barreiro, D. (2013). El patrimonio era otra cosa. Estudios Atacameños, (45), 5–18. <https://doi.org/10.4067/s0718-10432013000100002>
- Gari, L. (2014). Elinor Ostrom y el cambio del enfoque en la gestión social de los recursos naturales comunes. Fundación Divulgación, Ciencia y Tecnología. Recuperado de <https://www.fundacionfyde.org/el-pensamiento-de-elinor-ostrom/el-pensamiento-de-elinor-ostrom-2/>
- Hermosilla Pla, J., Fernández Villarejo, M., Fansa, G., Mayordomo Maya, S., Antequera Fernández, M., Haro Carrasco, E., & Escrivá Almiñana, R. (2020). Evaluación del patrimonio cultural, sistema de información geográfica y territorio museo. Instrumentos para la gestión sostenible (T. HUMANIDADES, Ed.).
- Jacobs, J. (1961). The Death and Life of Great American Cities. Random House.
- Johnston, C. (2017). Recognising connection: social significance and heritage practice. Córima, Revista de Investigación En Gestión Cultural, 2(2). <https://doi.org/10.32870/cor.a2n2.6306>
- Lefebvre, H. (1991). The Production of Space (Vol. 142). Blackwell.

- Leff, E. (2013). *Ecología, capital y cultura: Hacia un paradigma de sustentabilidad*. Siglo XXI Editores.
- Lynch, K. (1960). *The Image of the City*. MIT Press.
- Mason, R. (2002). *Assessing Values in Conservation Planning: Methodological Issues and Choices*. In M. de la Torre (Ed.), *Assessing the Values of Cultural Heritage Research* (pp. 5–30). <https://doi.org/10.2979/aft.2003.50.2.66>
- Morera, C., Pinto, J., & Romero, M. (2007). Paisajes, procesos de fragmentación y redes ecológicas: Aproximación conceptual. *Corredores Biológicos: Acercamiento conceptual y experiencia en América*, 11-47.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press.
- Poteete, A. R., Janssen, M. A., & Ostrom, E. (2010). *Working together: collective action, the commons, and multiple methods in practice*. Princeton University Press.
- Querejazu Leyton, P. (2003). La apropiación social del patrimonio. Antecedentes y contexto histórico. *Patrimonio Cultural y Turismo*, (20), 41–54.
- Querol, M. Á. (2010). *Manual gestión del patrimonio cultural* (Akal, Ed.). Madrid: 2010
- Quijano, A. (2000). Colonialidad del poder y clasificación social. *Journal of World-Systems Research*, 6(2), 342-386.
- Sánchez, A. & Inzunza, J. (2017). Gestión de recursos hídricos. ¿Qué podemos aprender de la teoría de los bienes comunes? *Boletín de Administración Pública*, (73), 187-206.
- Velasco Salinas, L. L. (2020). La valoración social del patrimonio cultural : Estudio de caso del Museo Regional de Guerrero. 305–322.
- Vila i Subirós Josep, Varga Linde, D., Llausàs i Pascual, A., & Ribas Palom, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, (48), 151-166. <https://raco.cat/index.php/DocumentsAnalisi/article/view/72657>

Afectaciones a la naturaleza y a la salud por el uso de plaguicidas en San Juan Tetla y San Agustín Atzompa, Chiautzingo, Puebla, México

Misael García Hernández^{1}, Mónica E. Olvera Nava²,
Varinia López Vargas² y Virginia Cabrera Becerra²*

Resumen

El modelo de producción agrícola capitalista depende en gran medida de insumos industriales que buscan ayudar a acrecentar la producción, pero al mismo tiempo, crean circunstancias adversas que atentan contra la salud de las personas y la naturaleza. Para esta investigación se tomó como laboratorio social el territorio que integra un modelo de producción florícola basado en agricultura protegida, el cual se ha desarrollado de manera exponencial en los últimos 23 años sobre las comunidades de San Juan Tetla y San Agustín Atzompa en el municipio de Chiautzingo, Puebla, México. Este modelo de producción hace uso intensivo de insumos industriales como plaguicidas, fertilizantes, fungicidas, etc. y bienes naturales como agua y suelo, enfocándose específicamente en variables de eficiencia productiva y económica, invisibilizando los conflictos con la naturaleza y la sociedad.

El presente trabajo se planteó como objetivo analizar la percepción de los habitantes sobre las afectaciones a la naturaleza y a la salud por el uso de plaguicidas en la producción de rosa de corte en invernaderos, así como identificar posibles acciones para reducir el riesgo a la salud y los impactos a la naturaleza. Para ello, se utilizó el muestreo simple aleatorio y la técnica de encuesta; con el uso del cuestionario se recabó información de las variables en estudio. Los resultados permitieron dar cuenta que los habitantes del territorio estudiado tienen información sobre el fenómeno y las afectaciones sobre la naturaleza y las personas. Los sujetos revelaron que las percepciones sobre los daños a la naturaleza y a la salud de las personas por el uso de plaguicidas coinciden con los reportes de literatura

1 Estudiante del doctorado en Estudios Socioterritoriales en el Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades "Alfonso Vélaz Pliego" (ICSYH), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. ORCID 0000-0002-7653-1815

* Autor de correspondencia: tusael@hotmail.com

2 Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

científica. También se identificó la percepción de la necesidad de transitar hacia formas alternativas de producir la tierra.

Palabras clave: territorio, modelo de producción florícola, percepción

Introducción

En los relatos históricos acerca de la agricultura, los campesinos se beneficiaban del suelo, el agua y la luz solar para lograr germinar sus semillas y así cultivar plantas que posteriormente proveían frutos, guardando el mejor germoplasma de acuerdo con los usos para los que fuera destinada la producción futura. El trabajo de las y los campesinos buscaba colaborar a la fotosíntesis, el método de conversión de la energía solar por medio de las plantas, posibilitando la producción. Ahora, la actividad agrícola posterior a la segunda guerra mundial depende en gran medida de insumos industriales que buscan ayudar a acrecentar la producción, pero al mismo tiempo, crean circunstancias adversas que atentan contra la salud de las personas y la naturaleza.

Uno de estos insumos son los plaguicidas, fomentados fuertemente por la gran producción industrial y la revolución verde, recientemente cuestionados, ya que el poco control de los organismos (plagas y enfermedades) ha conducido al uso más frecuente de plaguicidas de mayor costo y con mayor toxicidad. La innovación tecnológica impuesta por el modelo agrícola capitalista se basa en producciones con un predominante uso de tecnología, integrando el uso intenso y demoledor de pesticidas y fertilizantes químicos; modelo factible de encontrarse en numerosas regiones del país (Bastida, 2017).

Para esta investigación se tomó como laboratorio social el territorio que integra un modelo de producción florícola basado en agricultura protegida, el cual se ha desarrollado de manera exponencial en los últimos 23 años sobre el territorio de las comunidades de San Juan Tetla y San Agustín Atzompa en el municipio de Chiautzingo, Puebla, México, enfocándose principalmente en la producción de rosa para flor de corte. El cultivo de rosa para flor de corte genera gran cantidad de gases de efecto invernadero debido a que requiere un alto uso de agroquímicos para el combate de plagas y enfermedades, además de altos requerimientos de energía y agua, convirtiéndolo en uno de los procesos más intensivos de la floricultura, con lo cual se contribuye notablemente a la degradación de la naturaleza (Guallasamin & Simón, 2018)

Sin duda, el desarrollo del modelo de producción florícola basado en agricultura protegida (invernaderos) en mención, no se ha implementado desde una perspectiva integral, sino que se ha centrado específicamente en variables de eficiencia productiva y económica, invisibilizando los conflictos socioambientales en el territorio, los cuales han sido alentados por las políticas neoliberales en esta materia.

Por lo anterior, es necesario reflexionar sobre los conflictos generados por los insumos industriales de la agricultura como el uso de herbicidas y plaguicidas altamente tóxicos y que no tienen antídoto como los Monocrotofos (Monoupel, nombre comercial) o los organofosforados (paratión, clorpirifos, diazinon, diclorvos, malation, dimetoato) que están relacionados directamente con daños al sistema nervioso central y la salud humana (Ordoñez-Beltrán et al., 2019). Y que son utilizados en este modelo de producción florícola. Dichos plaguicidas y herbicidas son sintetizados por los humanos en laboratorios, siendo derivados de la molécula del ácido fosfórico.

A nivel global, se estima que alrededor de tres millones de personas están expuestas anualmente a los organofosforados (en su mayoría pesticidas) (Chowdhary et al., 2014). Aunado a ello, la Organización Mundial de la Salud (OMS) reporta que cada año veintiséis millones de muertes en países de sureste asiático, el pacífico occidental y China, relacionadas con el contacto de pesticidas (Slavica et al., 2018).

Los especialistas valoran que las intoxicaciones con pesticidas ocasionan más defunciones al compararse con otros tipos de drogas o sustancias químicas, calculándose una tasa de letalidad del 10% al 20%, además contemplan que los sobrevivientes logran generar morbilidades de tratamientos complicados (King et al., 2018).

Los compuestos específicos relacionados al envenenamiento humano son principalmente los organofosforados manipulados en pesticidas como el malation, paratión, fentión, clorpirifos y diclorvos (Bird, 2018), los cuales de manera general son utilizados sin restricciones en la producción de la flor de corte en el territorio de estudio, aun cuando en otros países prohíben su utilización como es el caso del clorpirifos en Estados Unidos desde el año 2001, de acuerdo con datos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Los organofosforados son compuestos químicos que pueden ser absorbidos por medio de la piel, los pulmones y el tracto gastrointestinal, generando enzimas no funcionales, afectando al sistema nervioso central, al sistema nervioso periférico y ciertas uniones neuromusculares (Narang,

et al., 2015), pudiéndose relacionar con cuadros clínicos semejantes a ataques epilépticos en intoxicaciones agudas.

Los impactos a nivel del sistema nervioso central, presentes en las intoxicaciones agudas, pueden ser variados y contemplar desde ansiedad, confusión, mareos, ataxia, convulsiones, estado de coma, entre otros. Para el caso de intoxicaciones severas pueden ocurrir paros respiratorios que conllevan a desenlaces fatales si no se atienden inmediatamente (Slavica et al., 2018).

Aunado a los posibles daños a la salud por el uso de plaguicidas, en México se ha dado un crecimiento descontrolado del mercado de pesticidas, ya que en el periodo comprendido del año 1999 al 2018 el consumo de plaguicidas en México aumento en un 99.6 % según el reporte elaborado por el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA, 2019).

Por lo anterior, se hace relevante el debate y análisis de los conflictos socioambientales del modelo de producción florícola capitalista, de manera específica sobre la percepción que tienen los habitantes de las comunidades donde se emplean estos insumos industriales, en torno a los daños a la naturaleza y a la salud de las personas que están en contacto directo con los agrotóxicos y también a las personas que no están en contacto directo, pero habitan en el halo tóxico de estos pesticidas.

Los habitantes de las zonas rurales, en su mayoría, generan conocimientos, creencias y procesan percepciones del territorio en el cual están inmersos, de los amigos, de los familiares, del trabajo, del desempleo y las seguridades e incertidumbres que esto involucra, teniendo alguna referencia para actuar o no. La concepción de percepciones y opiniones que tiene acerca de las actividades que se desarrollan en su territorio, quizás abra una ventana para comprender ciertos rasgos de su cultura y entender actitudes y comportamientos ante algunos riesgos que se tienen en la actividad florícola, ya que como lo expresa Morin: “la cultura es coproductora de la realidad percibida y concebida por cada uno. Nuestras percepciones están bajo control, no sólo de las constantes fisiológicas, sino también de las variables culturales e históricas” (Morín, 1998: 80).

Lo que los habitantes del territorio manifiesten saber o creer es necesario ubicarlo en el contexto cultural de este grupo social y en su interacción con otros “pues ese conocimiento se organiza en función de paradigmas que seleccionan, jerarquizan, rechazan las ideas y las informaciones” (Ibid), generándose cierta discriminación en la información, la cual es esencial para vivir “habitualmente”, ya que la percepción es manejada con

diferentes grados de habilidad; por ello debe visualizarse como un proceso de carácter acumulativo y controlado hasta cierto punto por el sujeto, siendo un proceso complejo y nada simple (Rosales, 2015); de tal modo que los propios mecanismos de defensa mental y moral generan prioridades de los supuestos peligros.

Bajo la premisa de que lo captado está constituido por una parte de lo naturalmente pensado que integra su horizonte del mundo; es decir, lo captado suele ser una determinación de lo pensado (Barreto, 2020) y está íntimamente relacionado con los hechos sociales o ambientales del territorio, se propicia una diversidad de percepciones, sobre los insumos que son utilizados en los procesos de producción agrícola característicos del territorio del que los sujetos en estudio formen parte. De tal forma, los seres humanos, que habitan en territorios agrícolas y están en constante interacción e interrelación con sus transformaciones sociales, son formados por los contextos socioambientales de dicho territorio en el que conviven y la cultura a la cual se vinculan, perturbando el ecosistema con dichos procesos y generando condiciones de riesgo para la salud de las personas.

Por lo anterior es trascendental estudiar la percepción de los riesgos a la salud por el uso de plaguicidas en los entornos donde se llevan a cabo las interacciones entre la sociedad y la naturaleza. De tal modo que, es necesario explorar y manifestar la diversidad de representaciones de producción social, revelando el ámbito de las percepciones, vislumbrando los saberes, el entorno en el que viven y las interrelaciones entre la sociedad y la naturaleza (Ochsenius, 2020).

Dichos factores sin duda conforman la configuración de percepciones en función de contextos específicos y sus problematizaciones. El dilema yace en conocer de manera expresa lo manifestado por los sujetos que interaccionan con los factores bióticos y abióticos del ecosistema con el cual se vincula su existencia, cuál es su percepción de las afectaciones a la naturaleza y a la salud por el uso de plaguicidas en la producción de rosa de corte en invernaderos, quehacer que tiene este estudio.

La concepción de percepción ha sido dinámica ya que distintos autores y corrientes dentro de diversas disciplinas como la psicología, la antropología y la geografía la han utilizado desde sus áreas del conocimiento específicas. Las tendencias filosóficas que han recurrido al concepto de percepción abordan las relaciones existentes entre el proceso perceptivo y las sensaciones, y pueden ser integradas en tres nociones (Chauí, 1996) que intervienen en varios aspectos referentes al proceso de percepción; dichas nociones son: la empirista, la intelectualista y la fenomenológica.

La presente investigación se alinea al postulado de la percepción desde la fenomenología, la cual instauro que “la percepción es la comunicación entre el cuerpo de un agente, el cuerpo de otros agentes y los cuerpos de las cosas” (Ibid). Para este trabajo, las cosas, se refieren a los insumos químicos en relación directa con el modelo de producción florícola, como los pesticidas, ya que los agentes en análisis se encuentran inmersos en un territorio dedicado a esta actividad. Ello contempla que en la dinámica funcional de los sujetos en diversas acciones en las cuales se relacionan con su entorno, ocurre una interacción del agente (individuo o colectivo) con el objeto, ya sean la naturaleza o los diversos componentes de los paquetes tecnológicos para la agricultura.

Así pues para Merleau (1975) “las percepciones son entendidas como relativas a la realidad histórica cultural, debido a que tienen una ubicación espacial y temporal, y están influidas por las circunstancias ambientales y sociales cambiantes que influyen en el proceso perceptivo, modificándolo y adecuándolo”. En ese sentido, las percepciones presentan una variación espacial y temporal, por ello su análisis es transcendental en diversas escalas de espacio y tiempo. El estudio de las percepciones puede abonar a explicar cómo algunos individuos o grupos sociales originan su ambiente de cierta manera o no, especificando que es lo que valoran o lo que refutan, de cómo ciertas experiencias configuran lo que pudiera considerarse en cierta forma adecuado o permitido ambientalmente (Durant, 2008). Con lo cual se pudiera ir conformando o generando diversos procesos empáticos con la naturaleza. Por otra parte, Rodríguez (2022) refiere que el contexto social influye directamente en las percepciones, al mismo tiempo que integra el proceso cognitivo, la simbolización y la memoria.

Tomando en cuenta las proposiciones anteriores, es pertinente mencionar que, el fenómeno de la percepción es dependiente de ciertas características que influyen notablemente, entre las que Ruiz (2014) manifiesta referentes ideológicos, culturales y propios del territorio que reproducen y explican la realidad. También las percepciones individuales y de grupos sociales presentan cierta influencia por las demarcaciones sociales como: género, identidad, clase, actividades productivas, etnicidad, etc., ya que la manera de catalogar lo percibido es configurada por el entramado social (Ibid). Dentro de este entramado social que construye al territorio se pueden incluir las relaciones dadas sociedad-naturaleza. En secuela, la percepción no es un fenómeno lineal de causa y efecto de un agente pasivo, más bien es condicionada por diversos estadios de razonamiento constante por el agente y el grupo social al que se pertenece. Entonces, las percepciones tienden a diferenciarse en función de que la percepción individual contempla las experiencias e interpretaciones personales y la

colectiva incluye opiniones e influencias de otros individuos. Por ello, se puede decir que es posible que pueda existir una diferenciación entre ellas.

Al ubicarse en la visión teórica de la percepción, se considera la generación de categorías, elementos o conceptos al momento de examinar el fenómeno estudiado, Cueto (2020).

Cuestionar el conocimiento objetivo de la realidad que se estudia en referencia a las narraciones y el proceder, sustentados sobre la base de los que cada persona conoce por medio de su experiencia del y con el territorio por medio de la observación participante o no participante, la encuesta, la entrevista o cualquier otro instrumento de recolección de datos o información.

De forma tal que, en la información obtenida en las encuestas, fueron detectados los patrones primarios que se repitieron en las respuestas de una muestra estadística de 31 encuestados, hombres y mujeres, con los cuales se indagó sobre la percepción relativa a las afectaciones a la naturaleza y a la salud por el uso de plaguicidas en la producción de rosa de corte en invernaderos en San Juan Tetla y San Agustín Atzompa, Chiautzingo, Puebla, México.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2022), los plaguicidas son potencialmente tóxicos para los humanos y pueden afectar la salud de las personas en función de la cantidad y la forma de exposición, pero desempeñan un papel importante en la producción agrícola ya que “protegen o aumentan el rendimiento, y pueden aumentar el número de veces al año que se puede plantar un cultivo en la misma tierra” (OMS, 2015). Derivado de que los plaguicidas son utilizados para proteger los cultivos de plagas por hierbas dañinas e insectos y enfermedades por hongos principalmente.

El presente aporte inmerso en la perspectiva teórica de la percepción tiene como objetivo analizar la percepción sobre las afectaciones a la naturaleza y a la salud por el uso de plaguicidas en la producción de rosa de corte en invernaderos por los habitantes de San Juan Tetla y San Agustín Atzompa, Chiautzingo, Puebla, México, así como identificar posibles acciones para reducir el riesgo a la salud y los impactos a la naturaleza.

Desarrollo

Localización

Esta investigación se desarrolló en dos comunidades de la ladera este del

volcán Iztaccihuatl, pertenecientes al municipio de Chiautzingo, Puebla. Estas son San Juan Tetla y San Agustín Atzompa (Figura 1). El relieve de esta zona es accidentado derivado de su ubicación con respecto a la Sierra Nevada, tiene una cota promedio de 2550 msnm, presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Adicionalmente, los ventisqueros del Iztaccihuatl almacenan agua y alimentan a los poblados y terrenos de cultivo de sus faldas en la época seca.

Metodología

El referente empírico de este estudio se integró por los habitantes de las comunidades de San Juan Tetla (3,963 habitantes) y San Agustín Atzompa (2,074 habitantes), los cuales se cuantificaron en 6,037 habitantes reportadas por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), 2020. Para lograr el objetivo del estudio, se definió una muestra aleatoria (Pérez, 2005), que se distribuyó de manera proporcional al número de habitantes en las dos comunidades de estudio las cuales fueron: San Juan Tetla (20 encuestas) y San Agustín Atzompa (11 encuestas). El tamaño de la muestra se definió a partir del cálculo de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q}$$

En donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población,

Z = nivel de confianza (90 %),

p = probabilidad de éxito, o proporción esperada (0.5),

q = probabilidad de fracaso (0.5)

d = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción) (15 %).

Al realizar la sustitución de los valores en la ecuación, se obtuvo como resultado una $n=31$ habitantes a encuestar. Lo cual se puede entender como una muestra significativa de la población.

Algunas de las variables que se utilizaron para este trabajo se refirieron a aspectos socioeconómicos de los encuestados, la dinámica agrícola en el territorio, variación en el uso de pesticidas, productividad agrícola,

Territorios de San Juan Tetla y San Agustín Atzompa,
Chiautzingo, Puebla, México

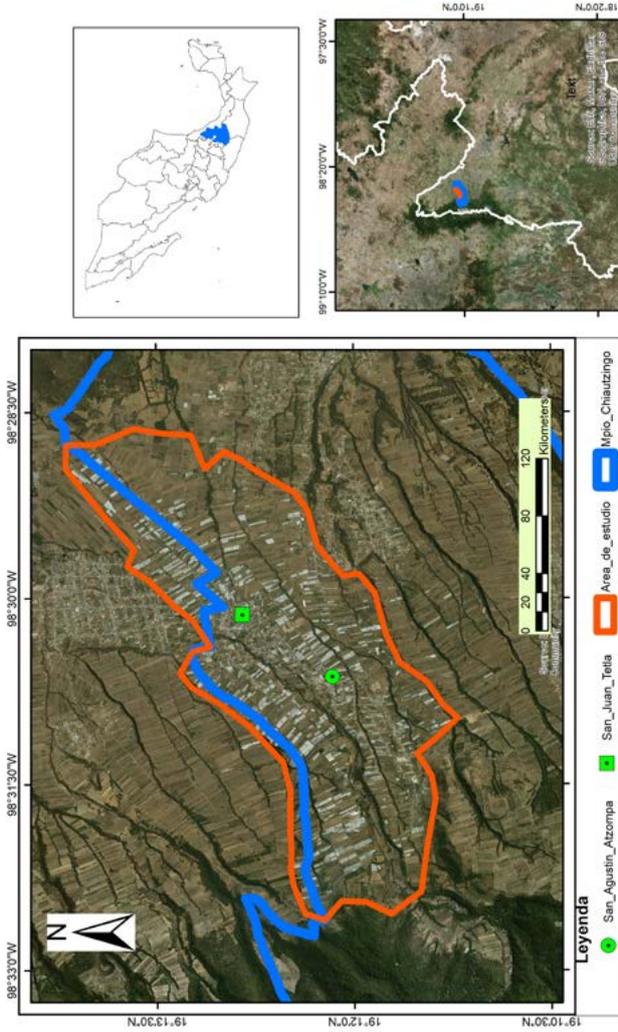


Figura 1. Localización de San Juan Tetla y San Agustín Atzompa, municipio de Chiautzingo, Puebla. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2016)

impactos a la biodiversidad, comercialización, renta de terrenos, contaminación a la naturaleza y afectaciones a la salud por el uso de plaguicidas. Para recoger la información sobre estas variables, se diseñó una encuesta, ya que esta es percibida como un procedimiento o un método de investigación social, cuya implementación hace referencia al abordaje de un proceso investigativo en toda su extensión (López-Roldán & Fachelli, 2015). Este tipo de encuesta permite unificar y estandarizar información para una mejor sistematización y análisis. El cuestionario se integró con preguntas abiertas y cerradas de opción múltiple. La información que se obtuvo de las características mediante el cuestionario se complementó con la observación en campo y fue procesada en el paquete estadístico Statistical Package for the Social Science (SPSS versión 20). Se utilizó la estadística descriptiva en el análisis de la información mediante cuadros de frecuencias y porcentajes.

Resultados

Las y los encuestados son habitantes de las comunidades de San Juan Tetla (el 64.5 %) y San Agustín Atzompa (35.5 %), que al estar en un territorio agrícola enfocado a la producción de rosa de corte en invernaderos están inmersos en su dinámica y desarrollo. La muestra informante estuvo integrada por 51.6 % de mujeres y un 48.4 % de hombres, proporción que concuerda con los datos que reportó el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020) en su último conteo, donde 51.2 % corresponde a mujeres y 48.8 % corresponde a hombres. Los participantes en el estudio tienen una edad promedio de 38 años, en donde las mujeres presentan una edad de 39 años y los hombres de 41 años. Además, los encuestados tienen en promedio 33 años viviendo en las comunidades de estudio, el 58.1 % se dedica a actividades agrícolas y el 41.9 a actividades no agrícolas. En el mismo tenor el 54.5 % de los encuestados manifiestan que la actividad principal en su comunidad es la agricultura y el 45.5 expresa que su actividad principal es el comercio, lo cual indica la predominancia de la agricultura en el área de estudio.

Información que tienen los habitantes de San Juan Tetla y San Agustín Atzompa, respecto a la actividad agrícola de la zona.

De los 31 encuestados el 93.5 % expresa que se ha reducido la variedad de productos cultivados en la zona a partir del desarrollo del cultivo de la rosa de corte. Además, el 87.1 % manifestó que se han cambiado las fechas de siembra debido a la intensificación del campo. También expre-

saron cuáles fueron los cultivos que más se han dejado de producir a causa del monocultivo de la rosa (Tabla 1). Estos cultivos son principalmente para el autoconsumo, lo cual afecta la posibilidad de que las familias logren una soberanía alimentaria, entendiendo esta como la capacidad de concretar dinámicas de producción de alimentos, distribución y consumo sostenibles que abonen al bienestar de la población y que no dependan de insumos agrícolas sintéticos. También se refleja una afectación en la conservación de variedades nativas de maíz y frijol principalmente, las cuales hacen parte de su identidad cultural y sus tradiciones culinarias.

Cultivos	Frecuencia	Porcentaje
Maíz	18	58
Frijol	7	22.6
Chicharo	2	6.5
Frutales	4	12.9
Total	31	100.0

Tabla 1. Cultivos que se han dejado de producir en mayor cantidad en el área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Aunado a lo anterior el 83.9 % del bloque informante expresó que se ha reducido la presencia de plantas y animales silvestres en las zonas agrícolas con la implementación del monocultivo de la rosa, mientras que el 16.1 % manifiesta que sigue igual. En cuanto a la presencia de plagas, enfermedades y la cantidad de insumos utilizados en la producción de rosa en invernadero, un alto porcentaje expresa que hubo un incremento en ambos aspectos como se puede observar en las figuras 2 y 3.

En cuanto al uso específico de plaguicidas en la producción de rosa en invernadero, el 80.65 % de los encuestados expresa que percibe un aumento en su utilización; 16.3 % menciona que sigue igual y 3.23 % que se ha reducido su uso.

También es importante señalar que dentro del universo muestra de la población que se utilizó en esta investigación, 29 de los 31 encuestados (93.5 %) manifiestan observar un incremento en la producción de rosa al utilizar los invernaderos debido a que, al tener mayor control de las temperaturas, pueden producir rosa todo el año, a diferencia de producir

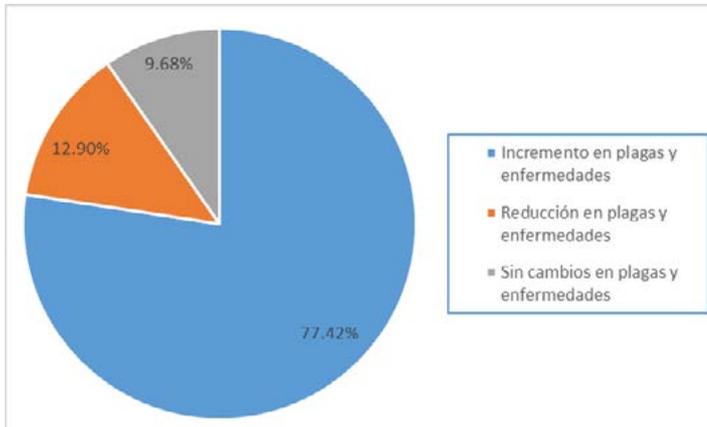


Figura 2. Percepción sobre la presencia de plagas y enfermedades en la producción de rosa en invernaderos. Fuente: elaboración propia.

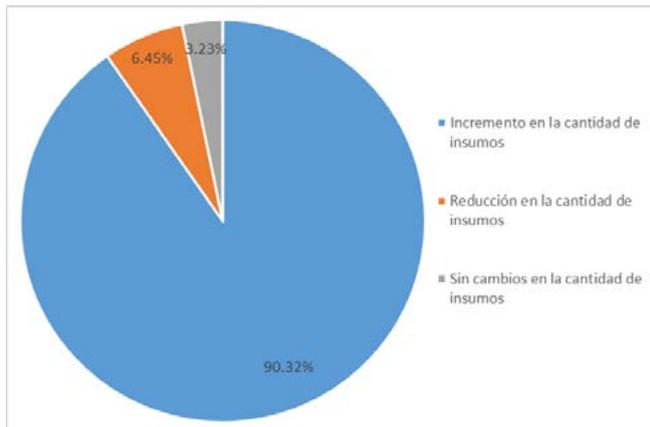


Figura 3. Percepción sobre la cantidad de insumos utilizados en la producción de rosa en invernadero. Fuente: elaboración propia.

al aire libre en donde no producen en invierno, ya que las temperaturas bajas afectan al cultivo. Ello sin duda motiva el establecimiento de este cultivo, ya que en ocasiones es más rentable económicamente que los cultivos tradicionales, aumentando el poder adquisitivo de las familias. Sin embargo, este tipo de producción también conlleva ciertas afectaciones a su identidad cultural, al medio natural y a la salud de las personas como se evidenciará a continuación.

Información respecto a la afectación de la naturaleza

La población encuestada identifica claramente varias afectaciones a diversos elementos de la naturaleza en el contexto del territorio en el que se insertan, daños principalmente al suelo, al agua, al aire, a la vegetación y a la fauna como se aprecia en la figura 4. En el mismo sentido, 90.32 % de los encuestados manifiesta que han notado un aumento en la contaminación de la naturaleza, y un 6.38 % indica que la contaminación permanece sin cambios.

En cuanto al suelo, el 74.2 % de los encuestados manifiesta que la calidad de los terrenos se ha reducido, 19.4 % que se ha mantenido la calidad y el 6.5% que ha aumentado. Con respecto a la cantidad de agua disponible, la opinión es muy pareja, ya que el 51.6 % manifiesta que se ha mantenido y el 48.8 % que se ha reducido. Sin embargo, 80.6 % expresa que la calidad del agua sigue igual y 19.4 % que la calidad ha caído. Con relación a las afectaciones a la vegetación por la instalación de invernaderos para la producción de rosa, el 61.3 % manifiesta que si se ha dado afectación y el 38.7 % percibe que no han existido afectaciones.

Información referente a afectaciones a la salud

Como se comentó anteriormente, hay estudios que manifiestan que el uso de plaguicidas puede tener relación directa con enfermedades tales como



Figura 4.- Elementos de la naturaleza que más han sido dañados por el uso de los plaguicidas. Fuente: Elaboración propia con Mentimeter.

la leucemia, Parkinson, cáncer, asma etc. (González, 2019). Sin duda existen diversas causas de las afectaciones a la salud por los plaguicidas, como la falta de normatividad, el mal manejo de los productos, el poco uso de equipo de protección, etc. que se presenta con mayor frecuencia en países pobres. En este sentido existe una relación inversa entre el uso de los plaguicidas y los daños a la población trabajadora. La Organización Mundial de la Salud (OMS) concluye: los países desarrollados consumen el 80 % del volumen total de plaguicidas y sólo tienen el 1 % de los envenenamientos; el Tercer Mundo registra el 99 % de las intoxicaciones y gasta sólo un 20 % de plaguicidas. La OMS calcula entre 3.5 y 5 millones el número de personas intoxicadas por plaguicidas y 40 mil muertes anuales. Sin duda información que abona a la reflexión.

En este sentido un porcentaje alto de los encuestados expresa que percibe afectaciones a la salud por contacto con plaguicidas, siendo que 29 de las 31 personas (el 93.5 %) así lo manifiestan y únicamente 2 personas (6.5%) expresa que no percibe afectaciones a la salud. Por el contrario, el 77.4 % de los encuestados hacen saber que no observan afectaciones a la salud de las personas que no están en contacto directo con los plaguicidas y el 22.6% si perciben afectaciones. Sin embargo, autores como Seefó (1995) manifiestan que en ningún lado se escapan los humanos del halo químico de los plaguicidas, ya que hay entornos en los cuales se vive doblemente expuesto; por un lado, como trabajadores que asperjan los agrotóxicos y por otro como residentes de espacios contaminados por partículas suspendidas en el aire y contenidos en los alimentos del consumo diario y en el agua.

Sumado a lo anterior en respuesta a la pregunta expresa si conocen o han escuchado sobre personas que se han enfermado por el uso de plaguicidas, la mayoría de las personas expresan que si conocen a alguien o han escuchado de alguien (Tabla 2). Y al cuestionamiento sobre ¿Qué afectaciones a la salud saben que existen o han escuchado que se presentan en su comunidad por el uso de plaguicidas?, mencionan: dolor de cabeza, vómitos, desmayos, enfermedades respiratorias, irritación de la piel, irritación de los ojos, cáncer, ataques y muerte (Figura 5)

Finalmente, al cuestionar a los entrevistados en torno a su opinión personal sobre la necesidad de transitar hacia un modo de producción más amigable con la naturaleza y con las personas, solo una persona comentó que no es necesario ese cambio, por lo que el 96.8 % expresa que si se debe realizar esa transformación. A la pregunta de cómo se podría empezar ese cambio, las personas expresaron que, por medio de una reducción en la cantidad de plaguicidas aplicados, un cambio de agroquímicos por abonos ecológicos, cuidar el agua, cambiar de cultivos y rotar los cultivos.

Conocimiento	Frecuencia	Porcentaje
Si	26	83.9
No	5	16.1
Total	31	100.0

Tabla 2.- Encuestados que conocen o han escuchado sobre personas que se han enfermado por el uso de plaguicidas. Fuente: Elaboración propia



Figura 5. Afectaciones a la salud que se han suscitado en las comunidades de estudio por el uso de plaguicidas. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Los habitantes de San Juan Tetla y San Agustín Atzompa, del Municipio de Chiautzingo, Puebla, poseen referentes empíricos sobre las afectaciones a la naturaleza y a la salud de las personas por el uso de plaguicidas en la producción de rosa de corte en invernaderos. Estas afectaciones son percibidas a través de su memoria tanto individual como colectiva; de su experiencia, y van alimentando su percepción a través de información reci-

bida en medios de comunicación, educación formal e informal, abordando una conformación de su noción sobre la manifestación social en cuestión.

Se tiene identificada una reducción en cuanto a las especies cultivadas hasta antes de la implementación del cultivo de rosa en la zona, ya que, al dejar de producir maíz, frijol, chícharo, frutales, etc., se estaría erosionando la agrobiodiversidad en la zona de estudio, afectado la identidad cultural y sus tradiciones culinarias ya que se han ido reduciendo en cantidad y calidad componentes centrales de su dieta.

Desde un espectro local, regional y nacional se ha fomentado el monocultivo de la rosa de corte, ya que las políticas en materia agrícola se han enfocado en impulsar cultivos agrícolas con “alto valor económico” y con manejos intensivos que requieren insumos sintéticos externos. Esto, por una parte, pudiera generar en ocasiones mayores ganancias económicas para los productores, ya que se busca generar los mayores rendimientos en el menor tiempo posible; pero por otra, implica una importante degradación del medio natural (principalmente contaminación del agua superficial y subterránea, daños a los microorganismos del suelo y destrucción de la vegetación).

Es pertinente mencionar que en los monocultivos existe un fortalecimiento y acrecentamiento de plagas y enfermedades y por ende un aumento en el uso de plaguicidas que afecta la salud de las personas que están en contacto con ellos; así también, se favorece los riesgos de intoxicación aguda y crónica a causa de los ingredientes utilizados en la fabricación de estos insumos sintéticos. Lo anterior, podría llegar a generar problemas crónicos graves como cáncer o afectaciones al sistema nervioso central lo cual es percibido por los habitantes del área estudiada.

En la zona de estudio se tiene una percepción clara sobre los incrementos de la producción de rosa al utilizar los insumos industriales (invernaderos y sus paquetes tecnológicos). Sin embargo, debe reflexionarse sobre los costos sociales y ambientales de estos incrementos, ya que esta forma de producir es predominantemente extractivista y no hay sociedad ni medio natural que persista sanamente ante este tipo de modelos de producción.

Es claro que la identificación de los posibles daños a la salud por el contacto directo con los plaguicidas está muy presente en los habitantes del área de estudio, llegando al grado de manifestar cierta preocupación. Sin embargo, aún existe mucho desconocimiento en cuanto a las afectaciones indirectas por parte de las partículas de agrotóxicos suspendidas en el aire y las contenidas en el agua y en los alimentos consumidos.

Finalmente, es importante hacer mención que en la población existe una conciencia sobre la necesidad de cambiar las formas de producir la tierra por alternativas más amigables con la naturaleza y con las personas. No obstante, en el área de estudio se siguen reproduciendo las dinámicas neoliberales de producción agrícola impulsadas por intereses económicos, políticos y grupos de poder que se benefician directamente de estas formas de producir. Por ello, no se tiene una claridad sobre opciones o alternativas posibles para este cambio, ya que los productores agrícolas están permanentemente sometidos a embestidas de información visual y mercadológica de empresas que producen los insumos de estos modelos de producción. Así pues, este debe ser un punto primordial para futuras investigaciones y generación de conocimiento referente a este fenómeno.

Referencias bibliográficas

- Barreto, J. J. (2020). La percepción como experiencia subjetiva en la constitución del mundo de la vida en la fenomenología de Husserl. *Revista da Abordagem Gestáltica*, 26(spe), 394-407. <https://dx.doi.org/10.18065/2020v26ne.4>
- Bastida, T A. (2017). *Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México*. Memorias del sexto congreso internacional de investigación de ciencias básicas y agronómicas. Pág. 281-294.
- Bird, S. (2018). *Organophosphate and carbamate poisoning*. Uptodate. (Internet). (Consultado 11 agosto 2023);17-9. Disponible en: <https://www.uptodatecom.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/contents/organophosphate-and-carbamatepoisoning/print?search=intoxicaci%C3%B3n%20por%25%E2%80%A6> . [Links]
- Chauí, M. (1996). *Convite á filosofia*. Sao Paulo, Brazil: Ática.
- CEDRSSA. (2019). Impacto del uso de plaguicidas en el sector agropecuario. Cámara de Diputados LXV Legislatura. México. Disponible en: <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/54IMPACTO%20DE%20LOS%20PLAGUICIDAS.pdf>.
- Chowdhary S, Bhattacharyya R, Banerjee D. (2014) Acute organophosphorus poisoning. *Clin Chim Acta* (Internet). (Consultado el 8 agosto 2023); 431:66-76. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cca.2014.01.024>
- Cueto, U. (2020). Investigación Cualitativa. *ASD Journal Applied Sciences in Dentistry*. "APPLI. SCI. DENT." VOL. 1 NUM. 3- diciembre 2020.
- Durand, L. (2008). De las percepciones a las perspectivas ambientales: Una reflexión teórica sobre la antropología y la temática ambiental. *Nueva antropología*, 21(68), 75-87. (Consultado el 14 de agosto de 2023) Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-06362008000100005&lng=es&tlng=es.
- González, P. (2019) *Efecto de los plaguicidas sobre la salud humana*. Exposición e impactos. Asesoría Técnica Parlamentaria. Chile. N° SUP: 118.900.
- Guallasamin, K. & Simón B. (2018). Huella de carbono del cultivo de

- rosas en Ecuador comparando dos metodologías: GHG Protocol vs. PAS 2050. *Letras Verdes*, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales, (24), 27-56 Disponible en: <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.24.2018.3091>
- INEGI (2020). *Censo de población y vivienda 2020*. Red Nacional de Metadatos. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx>
- King, A. & Aaron C. (2015) Organophosphate and Carbamate Poisoning. *Emerg Med Clin North Am* (Internet). (Consultado 9 agosto 2023) 33(1):133-51. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.emc.2014.09.010>
- López-Roldán, P. & Fachelli, S. (2015). *La encuesta*. En P. López-Roldán y S. Fachelli, *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa. Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)*: Dipòsit Digital de Documents, Universitat Autònoma de Barcelona. Capítulo II.3. Edición digital: <http://ddd.uab.cat/record/163567>.
- Merleau, P. (1975). *Fenomenología de la percepción*. España: Fondo de Cultura Económica.
- Morín, E. (1998) *Cultura y conocimiento*, en: Paul Watzlawick y Peter Krieg. *El ojo observador*. Contribuciones al constructivismo. Barcelona, Gedisa.
- Narang, U., Narang, P., Gupta, O. (2015). Organophosphorus Poisoning: A Social Calamity. *J Mahatma Gandhi Inst Med Sci* (Internet). (Consultado 9 agosto 2023); 20(1). Disponible en: www.jm-gims.co.in [Links]
- Ochsenius, F. I. (2020). *Percepción del entorno y producción social del espacio. El caso de Villa 21-24 en la Ciudad de Buenos Aires* (Magister en Antropología Social). Facultad latinoamericana de ciencias sociales (FLACSO) sede Argentina.
- OMS/FAO. (2015). *Código internacional de conducta para la gestión de plaguicidas*. Roma.
- Ordoñez-Beltrán, V.; Frías-Moreno, M.N.; Parra-Acosta, H.; Martínez-Tapia, M.E. (2019). Estudio sobre el uso de plaguicidas y su posible relación con daños a la salud. *Revista de Toxicología*, vol. 36, núm. 2, 2019. Asociación Española de Toxicología, España Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91967023011>

- Organización Mundial de la Salud (2022). *Residuos de plaguicidas en los alimentos*. Disponible en: <https://www.who.int/es/newsroom/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food>.
- Pérez, C. (2005). *Muestreo Estadístico Conceptos y Problemas Resueltos*. España: Printice Hall. Madrid.
- Rodríguez, S. (2022). *La influencia de la percepción en los contextos sociales actuales y su relación con los objetos cotidianos*. En Memoria y evolución de los contextos sociales a partir del diseño. Lilianna Beatriz Sosa Compeán, Sonia Guadalupe Rivera Castillo, Sofía Alejandra Luna Rodríguez Marta Nydia Molina González Coordinadoras https://www.researchgate.net/publication/362568280_Memoria_y_evolucion_de_los_contextos_sociales_a_partir_del_diseno.
- Rosales, J. (2015). Percepción y Experiencia. *EPISTEME*, 35(2), 21-36. (Consultado el 14 de agosto de 2023) Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-43242015000200002&lng=es&tlng=es.
- Ruiz, L. (2014). Género y percepciones sociales del riesgo y la variabilidad climática en la región del Soconusco, Chiapas. *Alteridades*, 24(47), 77-88. (Consultado el 14 de agosto de 2023) Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-70172014000100008&lng=es&tlng=es.
- Seefoó, J. (1995) *¿Quién paga los platos rotos? Costos sociales de las intoxicaciones por plaguicidas agrícolas en Zamora, Michoacán, 1980-1989*. Tesis de maestría, El Colegio de Michoacán.
- Slavica V, Dubravko B, Milan J. (2018). Acute organophosphate poisoning: 17 years of experience of the National Poison Control Center in Serbia. *Toxicology*; 409(March):73-9. [Links]

Remesas y cohesión social en el barrio de Tres Cruces

Gonzalo Haro Álvarez¹, Hivalia García Ríos¹ y Marco Antonio Ramírez Sánchez¹*

Resumen

La presente investigación tuvo la finalidad de analizar el papel de las remesas como medio para la cohesión social en las familias del barrio de tres cruces en el municipio de Acatlán de Osorio, en el estado de Puebla. La metodología es cualitativa y transversal, se aplicaron 32 cuestionarios a jefes de familia con familiares en el extranjero y que reciben remesas. Entre los principales resultados se encuentra que las remesas son destinadas a las familias para resolver sus necesidades materiales; principalmente el pago de servicios y deudas, seguido de fortalecer los lazos familiares entre el que envía el recurso económico y quien la recibe expresados en mayor confianza, creando valores como la solidaridad y cooperación con sus familiares. Se concluye que las remesas generan cohesión social en las familias que la reciben y son utilizadas para cubrir necesidades materiales, emprender negocios familiares y participar en actividades del barrio como la fiesta patronal.

Palabras clave: remesas, cohesión social, familia

Introducción

México es un país marcado por la pobreza de acuerdo con cifras del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2020;) para los años 2016, 2018 y 2020 el 43 % de la población en promedio estaba en pobreza, 7.56 % en pobreza extrema, 21.13 % presentó vulnerabilidad por carencias sociales y 51.16 % de la población presentó ingresos inferiores a la línea de pobreza, lo que representa un motivo para el fenómeno de la migración hacia otros países,

1 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

* Autor de correspondencia. gonzalo.haro@correo.buap.mx

principalmente Estados Unidos. Ello aunado al rezago educativo, acceso a los servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, accesos a los servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación nutritiva y de calidad como parte de las carencias sociales, repercuten en la vida de los mexicanos afectando el progreso en los integrantes de las familias, de las comunidades, del país (CONEVAL, 2020).

Ante esta situación, las personas migran a otros destinos con la finalidad de mejorar sus oportunidades de empleos, ingresos reflejados en calidad de vida, no sólo para ellos, sino para las familias de quienes emigran (Canales, 2004; Salas, González y Soberón, 2019).

En este sentido, las remesas que envían las personas que migran a otros países se convierten en un complemento monetario y sustancial para las familias que la reciben, permitiéndoles utilizarlos en la compra (pagos) de bienes y servicios (Salas, González y Soberón, 2019), desde el punto de vista material. De acuerdo con Li (2023) las remesas generan empleos, dado que existen alrededor de 400 mil micronegocios de las personas receptoras de remesas. Los giros más comunes de estos negocios son tiendas de abarrotes, alimentos y bebidas, establecimientos de comida y elaboración de alimentos procesados.

No obstante, la utilidad que se le dé al recurso económico y acciones que realice el jefe de hogar en su entorno familiar, barrio, comunidad, etc., puede incidir en la cohesión social en aras de mejorar sus vínculos sociales, confianza, valores compartidos y sentido de pertenencia (Haro y Vázquez, 2018). Por ello, en este estudio se analiza el papel de las remesas como medio para la cohesión social en las familias del barrio de Tres Cruces en el municipio de Acatlán de Osorio, en el estado de Puebla. Su importancia radica en observar lo que las remesas generan o producen en la persona que la recibe, en este caso, los jefes de familia y el uso en su entorno social. A manera de cuestionamiento, más allá del recurso económico que tienen las remesas ¿Generan mayor confianza entre quien envía y recibe? ¿Qué tipo de valores compartidos se fortalecen o generan? ¿En qué se utilizan? ¿De qué manera cohesionan al barrio de Tres Cruces?

Antecedentes de las remesas en México

Las remesas en México tienen sus orígenes en el *Mexican Farm Labor Program* comúnmente llamado Programa Bracero, el cual inició en 1942 y terminó en 1964. Tuvo como finalidad emplear a 4.5 millones de mexicanos para trabajar de manera temporal en las granjas estadounidenses del sur (Tello, 2017), aunque Casarrubias (1956) y Durand (2007) afirman

que existen antecedentes de la migración de mexicanos a Estados Unidos desde 1909, en el que se firmó un convenio entre los presidentes Porfirio Díaz y William H. Taff, México y Estados Unidos, respectivamente, para la exportación de 1,000 mexicanos para laborar en los campos de betabel, una industria prioritaria para el gobierno americano.

De acuerdo con García, Martínez, Méndez, Pérez, López y Mendieta (2022), el programa Bracero permitió a los emigrantes hacerse de ingresos monetarios, comprar tierras, emprender negocios familiares, ayudar a sus familias, mejorar la situación económica de sus comunidades y retornar a sus lugares de origen con mejor calidad de vida. Este efecto migratorio impulsado por mejores condiciones de vida tuvo un gran impacto en la sociedad, ya que la migración a Estados Unidos fue cada vez en aumento de manera ilegal, al grado de convertirse en una práctica común.

Con respecto al registro de las remesas, en 1989 los giros postales y telegráficos fueron la opción (Carriles et al., 1991). Posteriormente, el Banco de México efectuó un cambio en la metodología para medir el envío de remesas, incluyendo órdenes de pago y cheques personales captados por las casas de cambio, bancos comerciales (Banxico, 1991), envíos de efectivo, especie y giros bancarios (Banxico, 1994).

Otro de los factores que inciden en la migración es la situación precaria de las personas en sus comunidades de origen, entre ellas, la marginación que al igual que la pobreza es un fenómeno multidimensional dado que incide en la reconfiguración de las sociedades y prácticas culturales que realizan los habitantes en su territorio (Canto y Haro, 2021). Por ello, el envío de recursos económicos juega un papel importante para el sostenimiento de los hogares en México, pues representan un gran apoyo económico para las familias y en gran parte se ocupan para cubrir necesidades básicas como son: alimentación, salud, educación y vestido (Arroyo y Corvera, 2003; Canales 2016).

En el contexto mundial de la recepción de remesas, México es el cuarto mayor receptor, ocupando los tres primeros lugares países como la India, China y Filipinas. Las remesas provienen de varios países a México, de acuerdo con Li (2023), los principales países de donde provienen las remesas son Estados Unidos con una participación de 38,761 millones de dólares (MDD), seguido de Canadá con 649 MDD, Reino Unido con 124 MDD, Ecuador con 98 MDD, Colombia con 55 MDD, España con 54 MDD y Chile con 54 MDD.

Del total de remesas que ingresaron al país, el 95 % proviene de Estados Unidos debido a su cercanía y mejores beneficios en cuanto a su

moneda y economía. Este porcentaje es mayor que la inversión extranjera directa o por la venta de hidrocarburos, por lo que las remesas en México ocupan el 4 % del Producto Interno Bruto (PIB), superando los ingresos nacionales por inversión extranjera, turismo internacional y exportaciones petroleras (Li, 2023).

Asimismo, la pandemia a nivel mundial a causa del virus SARS-COV-2, conocido como COVID-19, no ha afectado la entrada de remesas en México; al contrario, aumentaron del 2019 al 2020 pasando de 36,048 MDD a 40,607 MDD, lo que representa una tasa de crecimiento de 12.6 % (Banco de México, 2021). Este aumento a pesar de las condiciones globales se podría explicar debido a factores como los apoyos gubernamentales por parte de EEUU a migrantes ya establecidos en el país y que han preferido enviar ese beneficio a sus comunidades de origen (Li, 2023), y mayor migración de mexicanos a este país a causa de la pérdida de empleos propiciado por la “jornada nacional de sana distancia” y el confinamiento económico, suspendiendo aquellas actividades económicas no esenciales en México (Esquivel, 2020; CEPAL, 2021).

Este efecto se presenta de manera similar en los estados de México. La Figura 1 muestra la distribución de las remesas por estados en el primer trimestre del año 2019 antes de la pandemia, 2020 durante la crisis del cierre de comercios y desempleo a raíz de la implementación del programa federal de sana distancia, y 2021 con la llegada de las vacunas y su aplicación en personas mayores. Esta muestra una tendencia de crecimiento en las remesas de 2019 a 2021, a pesar de las condiciones de cada año.

Con respecto a los estados de la república mexicana, los estados de Jalisco y Michoacán reciben alrededor del 20 % del total de remesas al año (Banco de México, 2021). La figura 1 muestra que, para el primer trimestre del año 2019, 2020 y 2021, los estados de Jalisco y Michoacán son los que reciben más remesas, seguidos de Guanajuato, Estado de México, Sinaloa, Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Chihuahua, Chiapas, Veracruz, Zacatecas y el Distrito Federal, independientemente de la pandemia y efectos sanitarios que afectaron la economía en el mundo.

Durante este período de pandemia, en los hogares que recibieron remesas, gran parte la ocuparon en gastos de salud, debido a la carencia de servicios básicos en el ámbito nacional, rural y urbano de México (García-Amador, Mora-Rivera y Van, 2023), repercutiendo principalmente en zonas rurales, que son las más afectadas por el fenómeno migratorio debido a las pocas oportunidades que se tienen, así como el nulo acceso

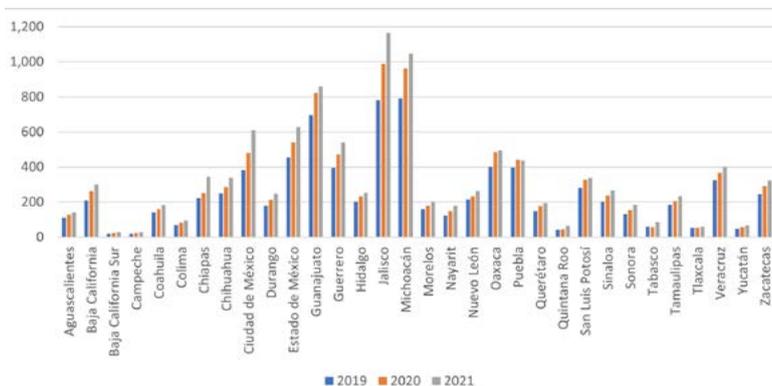


Figura 1. Remesas por estado en el primer trimestre de 2019, 2020 y 2021. Fuente: elaboración propia con datos de Banxico (2021).

a programas gubernamentales que les permitan trabajar sus tierras y/o fortalecer un crecimiento económico.

En este sentido, más allá del incremento de envío de remesas en México, es importante analizar su papel en el proceso de cohesión social en el barrio de Tres Cruces en el municipio de Acatlán de Osorio, Puebla. Su importancia radica en observar lo que las remesas generan o producen en la persona que la recibe, en este caso, los jefes de familia y el uso en su entorno social.

Cohesión social y familia

La cohesión social antecede en el tratado de Maastricht en el año 1993 en el que países como Grecia, Portugal, España e Irlanda se ayudaron económicamente a través del Fondo de Cohesión Social (Mora, 2015). Posteriormente, en el 2006, la noción de este concepto llega a América Latina con un ingrediente adicional, políticas sociales. No obstante, en ambos lados del continente se mide desde el punto de vista institucional (normativo) que cumpla con indicadores objetivos, más que explicar si las políticas sociales y económicas generan o fortalecen la unión en sus habitantes.

En México, el CONEVAL es el organismo que evalúa los programas implementados por el gobierno federal, y considerando las reglas operativas de la institución se mide la cohesión social a nivel municipal con indicadores secundarios de otras encuestas que no tienen un impacto sobre el concepto, dado que sigue la tendencia de la Comisión Económica

para América Latina y el Caribe (CEPAL) y de la Unión Europea (UE), esto es, cumplir con indicadores objetivos institucionales. De aquí algunas preguntas como ¿Por qué las políticas implementadas desde el Estado no tienen el mismo impacto en todo el territorio mexicano? ¿Realmente cohesionan a la sociedad? ¿Cómo se da la cohesión social? ¿Cuál es su finalidad? ¿Generar o medir la cohesión social?

De acuerdo con Haro y Vázquez (2018), para explicar el fenómeno de la cohesión social es imprescindible contextualizar el entorno del individuo en sus diferentes campos de acción, como el individuo que participa en una familia, como vecino, profesionista, deportista. Es decir, las diferentes esferas en donde interactúa como tomador de decisión en la política, economía, sociedad, cultura, etc., desde un análisis de nivel micro, esto es, territorios dinámicos como la familia, barrio, comunidad, municipio, etc., que permita identificar fortalezas y vulnerabilidades del tejido social.

Para llevar a cabo lo anterior, Haro y Vázquez (2018) diseñaron un instrumento para medir la cohesión social desde un aspecto microsocioal, considerando que la cohesión social puede ser estudiada desde un enfoque no institucional que permita explicar este fenómeno social desde una unidad micro en aras de cuatro pilares como son: *vínculos sociales* (el grado de comunicación e interacción con otros individuos); *confianza* (las acciones que la generan o fortalecen); *valores compartidos* (solidaridad, cooperación, tolerancia, respeto, responsabilidad) y *sentido de pertenencia* (el grado de participación, integración e identidad con su entorno).

En este sentido, las remesas destinadas a las familias no son ajenas a la cohesión, pues Guarnizo (2004) y García et al. (2022), señalan que por un lado se genera un fenómeno de unión social de manera directa en las familias del emigrante y por otro, el uso que se le dé al recurso económico por parte del jefe de familia y las acciones que realice en su entorno social –lugar en donde interactúa– puede generar cohesión social por medio de las remesas.

Con respecto a las remesas destinadas a las familias, Canales y Montiel (2004) la definen como las transferencias de dinero o especie realizadas por los migrantes a sus parientes en sus comunidades de origen, parte del salario que ganan y que envían a sus familiares. Ramírez, Domínguez y Míguez (2005) mencionan la importancia de analizar el efecto de las remesas familiares no solo desde el aspecto financiero o de desarrollo, si no también, desde aspectos emocionales, de género y sociales.

En el aspecto social, Levitt (1998) define a las remesas como ideas, comportamientos, identidades y conocimientos que los migrantes adquie-

ren en el extranjero y transfieren a sus familias y comunidades. Su impacto en la población es relevante, al grado de que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) estableció 16 de junio como el Día Internacional de las Remesas Familiares, haciendo un llamado a los gobiernos del mundo, empresas y a la sociedad para que las remesas logren beneficiar a un mayor número de personas, mejorando su calidad de vida (CEPAL, 2021) desde el aspecto material y emocional. Con relación a este último, Canales (2016) menciona que las remesas fortalecen las redes sociales si el recurso va destinado a la familia del migrante, entonces se fortalecen los lazos familiares transnacionales, no importando el país, lugar de procedencia, ni escala territorial como pueden ser barrios, pueblos, entre otros.

Por otra parte, García-Amador (2023) menciona que las remesas juegan un papel importante en la configuración, organización y roles de género dentro de la familia que recibe las remesas. García et al. (2022) consideran que es importante la confianza, sin ella, no se podrían enviar las remesas. En este caso, existe un vínculo de sangre entre la persona que envía y quien recibe las remesas, su uso depende de las necesidades materiales de este último y proyectos de vida de quien la envía. Por ejemplo, compra de bienes, inversiones en la comunidad de origen, entre otros. Tal como señala Bonilla (2016) más del 70 % de las remesas son utilizadas para gastos básicos como manutención y salud, el porcentaje restante es utilizado en inversión de inmuebles propios, inmuebles familiares y negocios propios, para ello, la confianza es imprescindible para realizarlo.

Guarnizo (2004) señala que las remesas fortalecen o generan valores compartidos como solidaridad y cooperación en las familias y en la comunidad, algo parecido a la solidaridad a distancia, pues la persona que envía el recurso económico no está físicamente y la familia lo representa, haciendo que estos últimos participen en los eventos de la comunidad.

Aunado a la pandemia del Covid-19, la solidaridad fue mayormente notoria dado que las remesa lograron récord de 58,497 millones de dólares en 2022, duplicando su monto en solo 6 años (Li, 2023). Parte de su explicación obedece a que la tercera parte de los migrantes mexicanos que radican en Estados Unidos cuentan con la ciudadanía estadounidense, teniendo acceso a programas federales y de los estados en los que residen, lo cual, les ha permitido mantener el envío constante de remesas.

Además, Bonilla (2016) señala que el envío de remesas permite a las familias que la reciben participar en la fiesta patronal de su comunidad o eventos de otra índole como la recaudación de fondos para mejorar situaciones de marginación de la población, o bien, impulsar proyectos

económicos. Es decir, más allá de lo que representan las remesas como transferencia de dinero, es mirar cómo contribuye en la participación e integración de sus familiares en su entorno sociocultural. El aporte económico para los eventos de la comunidad es reconocido por la población, dado que generan progreso y desarrollo local (Torres, 2001; Romero, 2016).

Pilares de la cohesión social	Concepto	Objetivo
Vínculo social	La comunicación frecuente, las necesidades en común, y el lazo familiar entre el que envía las remesas y quien la recibe, fortalece los vínculos en la familia y el barrio.	Indagar la frecuencia con la que los jefes de familia mantienen contacto con la persona que les envía las remesas, por medio de la comunicación y de las necesidades en común.
Confianza	La confianza se fortalece a partir de la ayuda que reciben los jefes de familia a través de las remesas.	Conocer el nivel de confianza en las familias que reciben remesas a partir de la ayuda recibida.
Valores compartidos	Las remesas son una forma de cooperación entre el que envía y el que recibe, a su vez, la utilidad que le dé el jefe de familia en su entorno familiar y barrio fortalecerá los valores compartidos como la solidaridad, respeto y tolerancia.	Conocer los tipos de valores compartidos que se generan o fortalecen a partir de la utilidad que el jefe de familia les dé a las remesas en la familia y comunidad.
Sentido de pertenencia	Las remesas impulsan la participación e integración del jefe de familia en actividades de su barrio que contribuye a la unión social.	Conocer las expectativas de las familias que reciben remesas con relación a la participación, integración e identidad con su barrio.

Tabla 1. Marco conceptual sobre cohesión social. Fuente: elaboración propia con base en Haro y Vázquez (2018).

Para esta investigación se tomó como base metodológica-conceptual los aportes de Haro y Vázquez (2018) sobre cohesión social enfocados en las remesas. En este sentido, la cohesión social se entiende como el fortalecimiento de los lazos sociales, confianza, valores compartidos y sentido de pertenencia que generan los migrantes que radican en Estados Unidos

a través del envío de remesas destinadas a sus familias, contextualizando de estos últimos, sus necesidades materiales e inmateriales y su uso en la comunidad. La Tabla 1 muestra el concepto, objetivo y su contribución de cada pilar de la cohesión social con énfasis en las remesas.

Metodología

La metodología es cualitativa y transversal, con la finalidad de contextualizar el entorno del jefe de familia que recibe las remesas a través de entrevistas cara a cara, utilizando muestreo no probabilístico por bola de nieve, dado que no se tiene información de la población total de los hogares que reciben remesas provenientes de Estados Unidos en el barrio de Tres Cruces en el municipio de Acatlán de Osorio, Puebla.

Alloatti (2013) y Ochoa (2015) describen al muestreo bola de nieve como un método para encontrar poblaciones de las que no se disponen datos de manera fácil o por sus condiciones marginales. La operación para realizar la entrevista consistió en identificar a un jefe de familia del barrio Tres Cruces que recibe remesas y a su vez, proporciona información sobre otra persona que también recibe, hasta que la última ya no proporcione más información, o no tenga disponibilidad de participar en el estudio.

Para la recolección de información se diseñó un cuestionario semiestructurado con preguntas cerradas y abiertas con la finalidad de contextualizar el entorno del jefe de familia. Para ello, se tomó como base metodológica-conceptual el aporte teórico de Haro y Vázquez (2018) para la elaboración del instrumento que se aplicó del 24 de octubre al 12 de diciembre del 2022, de lunes a domingo en horarios flexibles. Este instrumento constó de tres secciones. La primera recaba datos generales como edad, sexo y ocupación. La segunda sección se constituyó de preguntas que englobaron el contexto socioeconómico como cantidad de dinero que se recibe, frecuencia, así como dependencia al ingreso de las remesas. La tercera sección muestra los cuatro pilares de la cohesión social: vínculos sociales, confianza, valores compartidos y sentido de pertenencia. La tabla 2 muestra el diseño operacional del instrumento por cada pilar de cohesión social y su escala de medición dicotómica, nominal, ordinal y Likert.

Pilares de la cohesión social	Preguntas	Escala de Likert/ dicotómica
Vínculos sociales	¿Con qué frecuencia tiene contacto (llamadas o mensajes) con el familiar que le envía remesas?	1. Muy poco 2. Poco 3. Frecuentes 4. Muy frecuentes
	¿Considera que el dinero que le envían le ayuda en sus necesidades familiares?	Si No
Confianza	¿Qué tan importante ha sido la ayuda que ha recibido de sus familiares que están en el extranjero?	1. Muy poco 2. Poco 3. Medianamente 4. Importante 5. Muy importante
	¿Considera que el dinero que le envían sus familiares genera mayor confianza entre ustedes?	Si No
Valores compartidos	¿Las remesas le han permitido solidarizarse con sus familiares?	Si No
	¿Las remesas le han permitido solidarizarse con sus vecinos?	Si No
	¿Las remesas le han permitido solidarizarse con su barrio?	Si No
	¿Qué tan de acuerdo está con la siguiente afirmación?: “Las familias que reciben más dinero del extranjero y apoyan al barrio obtienen más respeto entre las demás familias”	1. Totalmente en desacuerdo 2. En desacuerdo 3. De acuerdo 4. Totalmente de acuerdo
	Por medio del ingreso en remesas, ¿ha participado económicamente en proyectos de mejora a su barrio? (pavimentación de alguna calle, construcción de algún edificio comunitario, otro).	Si No
	¿Las remesas le permiten cooperar con su familia, vecinos o su barrio?	Si No
	¿Qué tan tolerante se considera con personas que pertenecen al barrio y participan en los proyectos y fiestas patronales, en los cuales intervienen los ingresos en remesas?	1. Muy poco tolerante 2. Poco tolerante 3. Tolerante 4. Muy tolerante

Pilares de la cohesión social	Preguntas	Escala de Likert/dicotómica
Sentido de pertenencia	¿Las remesas le permiten una mayor participación en los proyectos de su barrio?	Si No
	¿Las remesas le han permitido una mayor integración familiar, vecinal y con su barrio?	Si No
	¿Considera que las remesas que le envían han modificado la manera de vivir de su familia?	Si No
	¿Considera que las remesas que le envían sus familiares han modificado la interacción y la forma de convivir con sus vecinos?	Si No
	¿Considera que las remesas que le envían sus familiares han modificado la cultura en su barrio?	No Si
	¿Considera que las remesas ayudan a mantener vivas las fiestas patronales?	No

Tabla 2. Diseño operacional. Fuente: elaboración propia con base en Haro y Vázquez (2018).

Asimismo, cada pilar tiene un objetivo específico, el primero (vínculos sociales), consiste en indagar la frecuencia con la que los jefes de familia reciben remesas por parte de familiares en el extranjero para solventar sus necesidades físicas y/o emocionales. El segundo (confianza) tiene como objetivo conocer el nivel de confianza entre las familias por medio de las expectativas de apoyo que obtienen de las remesas. El tercero (valores compartidos) tiene como objetivo conocer los tipos de ayuda que se han ofrecido a partir de las remesas, en las familias y en el barrio, donde los valores como solidaridad, cooperación, respeto y tolerancia sobresalgan. El cuarto pilar (sentido de pertenencia) tiene como objetivo conocer las expectativas de las familias que reciben remesas en relación con el sentido de pertenencia con su comunidad o barrio, con el que comparten problemas sociales.

Resultados

En total se entrevistaron a 32 jefes de familia. La primera parte de los resultados agrupa los datos generales y datos socioeconómicos. Posteriormente, se presentan los cuatro pilares de cohesión social.

Contexto socioeconómico

La tabla 3 agrupa por un lado los datos generales como sexo, edad y ocupación de los jefes de familia, y por otro, su contexto socioeconómico.

Al respecto, el 71.9 % que recibe remesas son mujeres y el 28.1% son hombres. La edad promedio de los entrevistados fue de 50 años, el 78.1 % están desempleados, y en el caso de las jefas de familia, su principal labor es ama de casa. Con respecto a su contexto socioeconómico, el 56.3 % de las remesas que reciben provienen de los hijos y el 28.8 % de los esposos.

En cuanto al envío de las remesas, el 37.5 % de los jefes de familia las reciben de manera mensual, 31.3 % de manera quincenal y 31.3 % de forma semanal. El monto varía de familia en familia, el 40.6 % recibe menos de 1,500 pesos, 28.1 % recibe entre 1,500 pesos y menos de 3,000 pesos, 15.6 % recibe de 3,000 pesos a menos de 4,500 pesos y 15.6 % recibe más de 4,500 pesos. Al mismo tiempo se indagó sobre los usos que les dan a las remesas que reciben periódicamente, la respuesta giró en torno a la familia con el 100 %, seguido pagos de servicios con el 87.5 %, 49.9 % en educación y 31.3 % para el financiamiento de negocios familiares. Además, se les preguntó acerca de la dependencia de las remesas; el 96.9 % mencionó que es importante o muy importante dado que les permite mejorar sus oportunidades de crecimiento y desarrollo en su comunidad ante la falta de empleos.

Sexo	%	Ocupación	%	Importancia de las remesas para el desarrollo	%
Hombre	28.1	Desempleado	78.1	Importante	59.4
Mujer	71.9	Empleado	21.9	Muy importante	37.5
Recibe remesa	%	Monto	%	La remesa la utiliza en:	%
Semanal	31.3	Menos de 1500	40.6	Familia	100
Quincenal	31.3	1500 y menos de 3000	28.1	Negocio	31.3
Mensual	37.5	3000 y 4500	15.6	Educación	41.9
		Más de 4500	15.6	Pago de servicios	87.5
¿Qué parentesco tiene con la persona que le envía remesa?					
Hijo	Hija	Esposo	Primo	Abuelo	Otro
50	6.3	18.8	12.5	3.5	9

Tabla 3. Datos socioeconómicos (%). Elaboración propia basada en el instrumento aplicado.

Hallazgos de la investigación sobre los pilares de la cohesión social

En este apartado, se presentan los resultados obtenidos de los jefes de familia que reciben remesas provenientes del extranjero desde la perspectiva de la cohesión social en aras de sus cuatro pilares: vínculos sociales, confianza, valores compartidos y sentido de pertenencia. Por último, se construye la tabla 4 que presenta la información porcentual de cada pilar de la cohesión social.

Vínculos sociales

El primer pilar de la cohesión social tiene como objetivo indagar la frecuencia con la que los jefes de familia mantienen contacto con la persona que les envía las remesas, por medio de la comunicación y de las necesidades en común. Al respecto, el 62.5 % de los jefes de familia mantienen comunicación frecuente con familiares que radican en Estados Unidos, otra parte de los entrevistados mencionaron poca comunicación (25 %) y muy poca comunicación (9.4 %). Al indagar sobre los temas que hablan frecuentemente durante sus comunicaciones, los comentarios usualmente giraron en torno a “necesidades familiares” y “salud”. Asimismo, todos los jefes de familia entrevistados consideran que el dinero que reciben les ayuda en sus necesidades familiares. Al preguntar el porqué de su respuesta anterior, respondieron que “se pueden adquirir servicios” y “cubrir gastos”. También se les plantearon dos preguntas abiertas ¿En qué utiliza el dinero que les envían? ¿Qué emoción siente al cobrar o recibir las remesas? La respuesta a la primera pregunta fue “gastos del hogar”, y para la segunda pregunta, respondieron “felicidad”, “paz” y “tranquilidad” frecuentemente.

Confianza

Este segundo pilar de la cohesión social tiene como objetivo conocer el nivel de confianza en las familias que reciben remesas a partir de la ayuda recibida. Respecto a los apoyos, se les preguntó: además del dinero que le envían sus familiares, ¿Qué otro tipo de ayuda ha recibido? Las respuestas que más mencionaron fueron: “ninguna”, “ropa” y “aparatos electrónicos”. Cabe mencionar que la respuesta “ninguna” significa que sus familiares en el extranjero sólo envían dinero y no otras formas de apoyo. Asimismo, más del 90.6 % de los entrevistados consideran importante o muy importante el envío de remesas. Este porcentaje es igual para los jefes de familia que consideran que el dinero que les envían sus familiares genera mayor confianza entre ellos. Se puede señalar que la confianza es muy importante en los familiares que radican en otros países, sin ella, el envío de remesas no se daría.

Valores compartidos

El tercer pilar de la cohesión social tiene como objetivo conocer los tipos de valores compartidos que se generan o fortalecen a partir de la utilidad que el jefe de familia les dé a las remesas en la familia y comunidad. Al respecto, el 100 % de los jefes de familia consideran que las remesas le han permitido solidarizarse con sus familiares a partir de “cubrir sus necesidades como la escuela, alimentación y salud”. También comentaron que el recurso económico les ha permitido solidarizarse con sus vecinos (28.1 %) y barrio (18.8 %). La forma de ayuda para el primer caso, mencionaron con frecuencia “despensa, ayudando a su familia con dinero” y “ayudas mutuas”, y en el segundo caso, mencionaron frecuentemente “despensa” “cooperando económicamente” y “aportando para las fiestas del barrio”. Asimismo, el 59.38 % considera que las familias que reciben más remesas no implica que obtengan más respeto en el barrio. El 59.4 % ha participado económicamente en proyectos de mejora a su barrio, en proyectos de pavimentación de alguna calle, ampliación de luz eléctrica y en la instalación de drenaje.

Por último, se consideran tolerantes o muy tolerantes (84.4 %) con las personas que participan en su barrio con proyectos y en las fiestas patronales tomando como base económica las remesas que recibe el jefe de familia.

Sentido de pertenencia

El cuarto y último pilar de la cohesión social tiene como objetivo conocer las expectativas de las familias que reciben remesas con relación a la participación, integración e identidad con su barrio. Al respecto, el 62.5 % de los entrevistados, considera que las remesas les permiten una mayor participación en los proyectos de su barrio, al preguntarles ¿De qué manera les gustaría participar en su barrio? Las respuestas más comunes fueron: “de manera económica”, “faenas”. También un 75 % considera que las remesas les han permitido una mayor integración familiar, vecinal y con su barrio, para especificar este resultado se les cuestionó ¿Con cuál? A lo que respondieron “familiar” la mayoría de las veces, y ¿De qué manera? Obteniendo como resultados principales “solventando gastos, más reuniones familiares”, a su vez, el 90.6 % considera que las remesas han modificado la manera de vivir de su familia, se les preguntó ¿De qué manera? Y el resultado principal fue “se tiene una mejor calidad de vida”, no obstante, el 87.5 % considera que las remesas no han modificado la interacción y la forma de convivir con sus vecinos y un 71.9 % no considera que las remesas hayan modificado la cultura en su barrio.

Por último, el 90.6 % considera que las remesas ayudan a mantener vivas las fiestas patronales, se les cuestionó ¿Por qué? Respondiendo “porque se puede aportar económicamente” para la realización de dichas fiestas.

Pilares	Indicador	Escala	%
Vínculos sociales	¿Con qué frecuencia tiene comunicación con la persona que envía la remesa?	Frecuente	62.5
		Poco	25
		Muy poco	9.4
	¿Considera que la remesa que le envían le ayuda en sus necesidades familiares?	Si	100
Confianza	¿Qué tan importante ha sido la ayuda que ha recibido de sus familiares que están en el extranjero?	Muy importante	50
		Importante	40.6
	¿Considera que el dinero que le envían sus familiares genera mayor confianza entre ustedes?	Si	90.6
Valores compartidos	Las remesas han permitido solidarizarse con:	Familiares	100
		Vecinos	28.1
		Barrio	18.8
	¿Qué tan de acuerdo está con la siguiente afirmación?: “las familias que reciben más dinero del extranjero y apoyan al barrio obtienen más respeto entre las demás familias”	Totalmente en desacuerdo	15.6
		En desacuerdo	59.38
		De acuerdo	21.9
Por medio del ingreso en remesas, ¿ha participado económicamente en proyectos de mejora a su barrio? (pavimentación de alguna calle, construcción de algún edificio comunitario, otro)	Si	59.4	
	Muy tolerante	9.4	
	¿Qué tan tolerante se considera con personas que pertenecen al barrio y participan en los proyectos y fiestas patronales, en los cuales intervienen los ingresos en remesas?	Tolerante	75
	Poco tolerante	12.5	

Pilares	Indicador	Escala	%
Sentido de pertenencia	¿Las remesas le permiten una mayor participación en los proyectos de su barrio?	Si	62.5
	¿Las remesas le han permitido una mayor integración familiar, vecinal y con su barrio?	Si	75
	¿Considera que las remesas que le envían han modificado la manera de vivir de su familia?	Si	90.6
	¿Considera que las remesas que le envían sus familiares han modificado la interacción y la forma de convivir con sus vecinos?	No	87.5
	¿Considera que las remesas que le envían sus familiares han modificado la cultura en su barrio?	No	71.9
	¿Considera que las remesas ayudan a mantener vivas las fiestas patronales?	Si	90.6

Tabla 4. Indicadores de cohesión social (%). Fuente: elaboración propia basada en el instrumento aplicado.

Discusión

El objetivo de la investigación fue analizar el papel de las remesas como medio para la cohesión social en las familias del barrio de Tres Cruces en el municipio de Acatlán de Osorio, en el estado de Puebla. De acuerdo con Haro y Vázquez (2018) la cohesión social inicia en el individuo y sus acciones fortalecen los vínculos sociales, confianza, valores compartidos y sentido de pertenencia. A su vez, el contexto del jefe de familia al recibir las remesas incide en sus decisiones, tal como lo señala la CEPAL (2021) las remesas que envían los familiares de Estados Unidos a los jefes de familia entrevistados son importantes desde el punto de vista económico y emocional. Además, el buen uso de este recurso destinados a gastos familiares de necesidad y comunidad fortalecen la unión en la sociedad (Guarnizo, 2004; García et al., 2022).

Asimismo, los resultados concuerdan con lo que señalan Canales (2016) y García-Amador (2023) en el que indican que las remesas fortalecen las redes sociales, si el recurso va destinado a la familia del migrante, fortaleciendo los lazos familiares transnacionales, no importando el país, lugar de procedencia, ni escala territorial como pueden ser barrios, pueblos, entre otros, así como la configuración, organización y roles de género para asumir las responsabilidades en el uso de las remesas. En este sentido, se puede señalar que, si bien el envío de remesas fortalece el lazo social entre los familiares, las acciones que el jefe de familia realiza en su entorno impacta en sus integrantes y comunidad.

Con respecto al pilar de la confianza, este se fortalece por el buen uso que realiza el jefe de familia en las necesidades materiales y no materiales que requieren primeramente sus hijos y luego la comunidad. Tal como mencionan García et al. (2022), la confianza existe por el vínculo de sangre entre la persona que envía y quien recibe las remesas, aunado al uso correcto de las remesas, como el gasto en manutención y salud de sus integrantes, inversión en inmuebles familiares y negocios propios (Bonilla, 2016).

En cuanto a los valores compartidos, los resultados mostraron que la solidaridad es el más practicado para los entrevistados en su familia, vecinos y barrio. Entre los tipos de ayuda, la despensa y cooperación económica fueron los más comunes dirigido a los familiares y vecinos. Mientas que, aportar dinero para la fiesta patronal del barrio fue el más común entre los entrevistados, tal como lo señala Guarnizo (2004), las remesas fortalecen o generan valores compartidos como solidaridad y cooperación en las familias y en la comunidad.

Por su parte Torres (2001), Bonilla (2016) y Romero (2016) mencionan que el envío de remesas permite a las familias, vecinos y barrio participar en actividades como faenas e integrarse con el barrio a través de la aportación económica para la fiesta patronal de la comunidad o eventos de otra índole como la recaudación de fondos para mejorar situaciones de marginación de la población, o bien, impulsar proyectos económicos como negocios que generen empleos locales.

Conclusiones

Las familias en mayor parte están encabezadas por una jefa de familia que se encarga de administrar las remesas, son personas que tienen la ocupación de ama de casa principalmente. Este recurso económico lo envían hijos y esposos que, por la falta de empleos bien pagados, decidieron dejar su lugar de origen en busca de mejores salarios y destinar una parte a sus familias de acuerdo con las necesidades en común y por el lazo familiar que las une.

Si bien la mayoría de las remesas que envían los familiares semanalmente no superan los 1,500 pesos, para las jefas de familia es un apoyo que agradecen dado que fortalece principalmente el vínculo familiar y la confianza. Entre los tipos de necesidades, se puede señalar que cubre tanto aspectos materiales como la compra de bienes y servicios, alimentación y salud; aspectos emocionales que generan lo primero, además del sentido de ayudar a sus vecinos y barrio a través de la cooperación económica.

Asimismo, las remesas como insumo económico les permiten a las jefas de familia destinar una parte de ella en ayudar a sus vecinos con despensa o bien, participar monetariamente en la mejora en su barrio por medio de proyectos colectivos del mismo como pavimentación, ampliación de luz eléctrica, fiestas patronales, entre otros. No obstante, el principal destino es cubrir las necesidades de la familia de quien recibe las remesas.

Por último, se puede concluir que las remesas son un complemento para las jefas de familia y en otros casos, son su principal fuente de ingreso que les permiten mejorar sus condiciones y calidad de vida al cubrir sus necesidades básicas tanto materiales como no materiales, de emprender negocios familiares, participar, cooperar y ser responsables en la organización de la fiesta patronal o eventos que tengan como fin la construcción de obras públicas. Finalmente, el entorno de la jefa de familia y las acciones positivas en el uso de las remesas destinadas a los gastos familiares y comunidad es vital para el proceso de cohesión social en el barrio de Tres Cruces, en el municipio de Acatlán de Osorio, Puebla.

Referencias bibliográficas

- Alloatti, M. N. (2014). *Una discusión sobre la técnica de bola de nieve a partir de la experiencia de investigación en migraciones internacionales*. IV Encuentro Latinoamericano de Metodología de las Ciencias Sociales (Costa Rica, 27 al 29 de agosto de 2014). Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de la Plata. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/108403>
- Arroyo, J. A., y Corvera, I. C. (2003) Actividad económica, migración a Estados Unidos y remesas en el occidente de México. *Migraciones Internacionales*, 2(4). Disponible en: <https://doi.org/10.17428/rmi.v2i4.1272>
- Banco de México (1991). *Resumen informe anual 1990*. Disponible en: <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/in-formes-anuales/%7B64924483-0464-FE97-DF60-59620D53930A%7D.pdf>
- Banco de México (1994). *Resumen informe anual 1993*. Disponible en: <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/in-formes-anuales/%7B6E6B31C6-76AF-3359-9FEC-27A39A-1CA669%7D.pdf>
- Banco de México (2021). *Sistema de Información Económica*. País de origen de los ingresos por remesas. Disponible en: <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=1&accion=consultarCuadro&idCuadro=CE167&locale=es>
- BBVA -Banco Bilbao Vizcaya Argentaria-. (2020). *Observatorio migración México*. Disponible en: https://www.bbvaresearch.com/wp-content/uploads/2023/02/Remesas_Mexico_Cierre_2022.pdf
- Bonilla, S. (2016). *Las remesas familiares que recibe México constituyen una fuente importante del ingreso de los hogares receptores*. Ciudad de México: CEMLA.
- Canales, A. (2016). El papel de las remesas en la reducción de la pobreza en México. Mitos y realidades. *Carta Económica Regional*, 98, 3-12. Disponible en: <https://doi.org/10.32870/cer.v0i98.5577>
- Canales, A. I., y Montiel, I. (2004). Remesas e inversión productiva en comunidades de alta migración a Estados Unidos. El caso de

- Teocaltiche, Jalisco. *Migraciones Internacionales* 2(6), 142-172. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-89062004000100006
- Canto, A. G. y Haro, G. (2021). *La marginación y su efecto en la población de Tepehuanos del Norte en zonas urbanas del municipio de Guadalupe y Calvo, Chihuahua*. En S. de la Vega, Sergio y M. del P. Mora (Coords.), Estudios sobre cultura y desigualdad en las regiones (pp.119-130). AMECIDER, UNAM. Disponible en: <http://ru.iiec.unam.mx/5549/1/113-Canto-Haro.pdf>
- Casarrubias, D. (1956), *El problema del éxodo de braceros en México y sus consecuencias*, México D.F., Editorial Injumex.
- Carriles, J., Reyes, F., Vargas, A. y Vera, G. (1991). *Las remesas familiares provenientes del exterior. Marco conceptual y metodología de medición*. Documento No. 67 del Banco de México. Disponible en: <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/documentos-de-investigacion-del-banco-de-mexico/%7B3484C74F-0EA7-891B-46A3-0218F88E4C7A%7D.pdf>
- CEPAL -Comisión Económica para América Latina y el Caribe-. (2021). *Coyuntura Laboral en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL
- Coneval -Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social-. (2020). *Medición de la pobreza*. Disponible en: <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx>
- Durand, J. (2007). El programa bracero (1942-1964). *Un balance crítico. Migración y Desarrollo*, (9), 27-43. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66000902>
- Esquivel, G. (2020). *Los impactos económicos de la pandemia en México*. Ciudad de México: Banxico.
- García, H., Martínez, B., Méndez, M. E., Pérez, A., López, S., y Mendieta, A. (2022). Condición y posición de género de personas adultas mayores durante procesos migratorios en Chiautzingo, Puebla, México. *Migraciones Internacionales*, 13, 1-22. Disponible en: <https://doi.org/10.33679/rmi.v1i1.2339>
- García-Amador, C., Mora-Rivera, J., y Van, E. (2023). El impacto de las remesas internacionales en los gastos en salud de los hogares mexicanos. *Revista Desarrollo y Sociedad*, (93), 47-99. Disponible en: <https://doi.org/10.13043/DYS.93.2>

- Guarnizo, E. L. (2004). *Aspectos económicos. Del vivir Transnacional*. Colombia Internacional (59).12-47.
- Haro, G. y Vázquez, J. D. (2018). La cohesión social desde una perspectiva no normativa: alternativa de un diseño instrumental. *Tlame-laua. Revista de Ciencias Sociales*, 11(43), 132-154. Disponible en: <http://www.apps.buap.mx/ojs3/index.php/tla-melaua/article/view/373>
- Levitt, P. (1998). Social Remittances: Migration Driven Local-Level Forms of Cultural Diffusion. *International Migration Review*, 32(4), 926-948. <https://doi.org/10.1177/019791839803200404>
- Li, J. J. (2023). *Migración y remesas en México*. Disponible en: https://www.bbvaesearch.com/wp-content/uploads/2023/02/Remesas_Mexico_Cierre_2022.pdf
- Mora, M. (2015). *Cohesión social: balance conceptual y propuesta teórico-metodológica*. CONEVAL. Disponible en: <https://tinyurl.com/2f7srpzm>
- Ochoa, C. (2015). *Muestreo no probabilístico por bola de nieve*. Netquest. Disponible en: <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-bola-nieve>
- Ramírez, C., Domínguez, M. y Míguez, J. (2005). *Cruzando fronteras: Remesas, género y desarrollo*. Santo Domingo: Instraw. Disponible en: <https://corteidh.or.cr/tablas/CD0307-3.pdf>
- Romero, M. (2016). El significado de las remesas socioculturales en la migración indígena internacional de Sierra de Zongolica, Veracruz. *Huellas de la migración*, 1(2), 41-71.
- Salas, R., González, J. G., y Soberón, J. A. (2019). Remesas internacionales y pobreza: estudios de caso en Michoacán y Oaxaca. *Análisis económico*, 34(85), 143-168. Disponible en: <https://doi.org/10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2019v34n85>
- Tello, C. (2017). *El Programa Bracero. Nacional*, 09 de febrero de 2017, Ciudad de México, Milenio, política. Disponible en: <https://www.milenio.com/opinion/carlos-tello-diaz/carta-de-viaje/el-programa-bracero>
- Torres, F. (2001). *Las remesas y el desarrollo rural en las zonas de alta intensidad migratoria de México*. Ciudad de México: CEPAL.

Análisis territorial desde la epistemología feminista decolonial en el contexto mexicano

Mtra. Gabriela Montes Neri^{1}, Dra. Virginia Cabrera Becerra²,
Dra. Lilia Varinia Catalina López Vargas² y
Dra. Mónica Erika Olvera Nava²*

Resumen

En este texto se aborda la necesidad de replantear la generación de conocimiento en los estudios urbanos y territoriales, reconociendo que la investigación conlleva posturas ideológicas, tanto conscientes como inconscientes. Históricamente, el paradigma clásico de investigación en el mundo occidental ha buscado la objetividad, alejando cualquier elemento subjetivo que pudiera “contaminar” la obtención de datos duros y verificables. Sin embargo, este enfoque ha sido androcéntrico y occidental, lo que ha limitado la comprensión integral del mundo desde otras perspectivas, como las femeninas y las no occidentales. Esto ha dado lugar a políticas territoriales que ignoran las necesidades y experiencias de las mujeres y la diversidad de identidades en un espacio.

El texto propone romper con el paradigma occidental y adoptar una epistemología feminista para generar conocimiento, al reconocer la subjetividad en los procesos de investigación, a través de una metodología cualitativa se analiza la pregunta central de la investigación sobre cómo se materializan las desigualdades de género en el territorio, con base en dos elementos centrales: el cuerpo como territorio en donde se entrecruzan contextos sociales, políticos y económicos en las esferas productivas y reproductivas; la tenencia de la tierra, como una herramienta que disminuye la vulnerabilidad de las mujeres y fomenta las resistencias. En este sentido, se logra ilustrar mediante el caso específico de dos asentamientos informales en la periferia norte del municipio de Puebla, México, la concreción de la desigualdad de género en el territorio, si bien en un contexto local particular, pero que propone una mirada para analizar los fenómenos territoriales a través de los feminismos decoloniales.

Palabras clave: feminismo decolonial, epistemología feminista, análisis territorial

1 Alumna del Doctorado en Estudios Socioterritoriales del Instituto de ciencias Sociales y Humanidades “Alfonso Vélaz Pliego” de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

2 Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades “Alfonso Vélaz Pliego”. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

* Autor de correspondencia. montesnerigabriela@gmail.com

Introducción

Generar investigación implica contar con una postura ideológica consciente o inconsciente de quien la realiza, esto es, considerar la presencia de aspectos subjetivos como una constante cuya atención permite una mejor comprensión de la problemática de estudio. Por el contrario, el paradigma clásico para generar conocimiento, iniciado en el mundo occidental, parte de supuestos en donde la persona que investiga no puede contar con elementos subjetivos que “contaminen” la obtención de conocimiento, con la finalidad de siempre validar con datos duros y objetivos.

En este marco, la visión de cómo se genera el conocimiento históricamente ha partido desde una posición androcéntrica y occidental, lo cual ha dejado de lado una visión del mundo integral, desde otras perspectivas, como las femeninas y del mundo no occidental. Es por esto, que se hace necesario un replanteamiento de cómo las personas que realizan investigación pueden generar conocimiento, reconociendo sesgos y posturas que solamente favorecen una sola mirada de la realidad sin reconocer elementos de subjetividad.

Lo anterior no es único de alguna ciencia social, por lo que también incluye a los análisis que se realizan desde los estudios urbanos, territoriales, regionales, de las ciudades, entre otros. Con base en estas miradas parciales se han sustentado políticas públicas pensadas únicamente en los roles atribuidos a los hombres, sin considerar las necesidades de las mujeres y la diversidad de identidades dentro de un espacio, quienes cuentan con mayor incidencia en tareas de cuidado y reproducción.

En este sentido, en el presente trabajo se busca identificar cómo es que en los análisis territoriales se pueden utilizar epistemologías “otras” como la feminista decolonial, para identificar la estructura de las relaciones sociales dentro de un territorio, así como sus implicaciones en desigualdades que afectan diferencialmente a los hombres y a las mujeres. Lo anterior, al analizar contextos latinoamericanos y específicamente, una ciudad mexicana como lo es Puebla, Puebla.

La pregunta central de la investigación a indagar en el presente artículo es: ¿Cómo se concretan territorialmente las desigualdades de género entre hombres y mujeres? Lo anterior se busca contestar a partir del análisis de estudios socioterritoriales desde la epistemología feminista decolonial, que permite visibilizar al cuerpo como territorio, y reflexionar las relaciones de poder que permean espacios públicos y privados, así como a las esferas productivas y reproductivas. Aspecto central en el análisis es

entender a los bienes materiales, de manera concreta, la tenencia de la tierra como condición que coadyuva en procesos de resistencia y negociación ante la desigualdad que históricamente han afrontado las mujeres en su diversidad.

Para dar respuesta a la pregunta que vertebra la investigación, en un primer momento se presenta cómo epistemológica y metodológicamente se rompe con el paradigma occidental para hacer ciencia, con la finalidad de integrar otras miradas, en este caso, la epistemología feminista y los feminismos decoloniales. Para lograr lo anterior, se identifica la subjetividad en los procesos de investigación social como un elemento vertebral de la misma, para desarrollar, en un segundo momento, cómo la perspectiva decolonial al motivar la generación de conocimiento, desde los feminismos, permite aportar nuevas formas de ver la realidad social entreverada, en su complejidad, siempre con la condición de género. En un tercer momento, se analizan a la luz de la epistemología feminista decolonial los procesos territoriales que ocurren en la problemática local señalada.

Marco epistémico: inclusión de la subjetividad en los procesos de investigación social

Es necesario iniciar la reflexión sobre la subjetividad con el planteamiento generado por Zemelman (2005, p. 39), quien reconoce que “la realidad que enfrentamos, la realidad sociohistórica tiene múltiples significados”, de ahí que la posibilidad de formas para generar conocimiento, sean diversas. El análisis y observación de la realidad social o de un fragmento de esta, se encuentra mediado por las subjetividades de la persona que investiga, es decir, sus paradigmas, prejuicios, vivencias, sentimientos e imaginarios, lo que dificulta lograr la objetividad en la generación de conocimiento. En concordancia con Adorno (1975), al analizar a la sociedad es imposible captar todos los comportamientos subjetivos, por lo que no existe un mecanismo objetivo de investigación, sobre todo en ciencias sociales, aunque no solo en estas.

El paradigma occidental para la generación de conocimiento ha sido el hegemónico hasta nuestros días, el cual prioriza el pensamiento clásico de Descartes, que de acuerdo con Morín (2004, p.12) consiste en la “disyunción entre el objeto y el sujeto, la ciencia y la filosofía”, priorizando la objetividad y los elementos científicos, lo cual implica el encasillamiento del conocimiento, ya que deja fuera todos los elementos que puedan distorsionar el objeto.¹ En este sentido, se separa la ciencia de todo lo considerado cultura (Morín, 2007), en donde todo aquello que sale de la “razón” no puede pertenecer a la ciencia. Asimismo, en la manera tradicional de hacer

ciencia todo es determinista, ya que “no hay sujeto, no hay conciencia, no hay autonomía” (Morín, 2007, p. 96), es decir, el sujeto no cuenta con la capacidad de posicionarse como parte misma del conocimiento.

Por lo dicho anteriormente, la generación de conocimiento se encuentra mediado por el poder soberano de los paradigmas, en este caso el occidental, que es aplicado de manera consciente o inconsciente en toda práctica de investigación. Las teorías y maneras de observar de quien investiga cuentan con un proceso histórico y una estructura creada a partir del mismo; sin embargo, las formas de percibir la realidad no son sistémicas (De la Garza, 2001), ya que la sociedad es heterogénea, tiene contradicciones, discontinuidades y se encuentra en constante cambio y mediada por factores externos que están presentes a lo largo de la formación educativa formal o informal de cualquier persona, por lo que siempre mediarán las decisiones y acciones de investigación.

Ante el reconocimiento de una imposibilidad de objetividad, es importante analizar cómo se realiza la investigación en las ciencias sociales, a partir de qué supuestos y qué métodos se construye el proceso. Al comprender la existencia de que toda persona que genera conocimiento parte de una previa selección epistémica y teórica, ya sea consciente o inconsciente, como lo plantea Bourdieu (2002, p. 25), es necesario una vigilancia epistémica, con la finalidad de reconocer el error y los mecanismos que lo generan, interrogando las teorías y métodos que se están aplicando para “determinar qué hacen con los objetos y qué objetos hacen”. No basta con realizar una selección como un primer paso de la investigación y no volver a revisar de manera constante si aún resulta útil para el fenómeno a analizar.

En este sentido, la vigilancia epistémica debe ser una actividad permanente en todo el transcurso de la investigación, de principio a fin, ya que las bases teóricas y epistémicas iniciales son revisadas a la luz de la investigación que en concreto se desarrolla, en otras palabras, poner en tensión las bases teórico-epistémicas con los hallazgos.

Reconocer cómo se genera conocimiento en el paradigma occidental en su insaciable búsqueda por la objetividad, nos convoca entonces a cuestionar sus principios como menciona Bachelard en Bourdieu (2002), con la finalidad de desarrollar otro tipo de procesos que incorporen una visión más compleja, en la que influyan conceptos, subjetividades y el contexto de los sujetos (De la Garza, 2001) investigados y de quien investiga. Es aquí donde aparece un proyecto disruptivo de investigación como lo es la decolonialidad; a partir de esta propuesta decolonial, se busca

romper con esta forma clásica de realizar investigación al incorporar el contexto de quién investiga y de lo que se investiga, con la finalidad de incluir conocimientos-otros.

Otras miradas: la decolonialidad en la generación de conocimiento

Dentro de los esfuerzos de un proyecto colectivo de académicos latinoamericanos, se suscitaron diversas reflexiones para dar respuesta a la única vía: la modernidad/colonialidad (Mendoza, 2016, p.1), añadiendo el concepto de decolonialidad, al argumentar que “el pensamiento decolonial emergió en la fundación misma de la modernidad/colonialidad como su contrapartida” (Mignolo, 2007:27) fuera de la mirada occidental, es decir desde espacios de Latinoamérica, Asia y África.

Surgen entonces, una serie de planteamientos que posteriormente se denominaría giro decolonial (Ochoa, 2021, p.7) en contrapartida al paradigma occidental, considerado como el único eje epistémico posible derivado del universalismo abstracto que pretende aplicar, ya que cuenta con una sola mirada de la realidad, desde un sujeto blanco, europeo, hombre y heterosexual (Grosfoguel, 2007), considerando como “otro” a todo lo que no corresponda a estas características. Para Grosfoguel lo abstracto del paradigma occidental conlleva a

“un conocimiento que se abstrae de toda determinación espacio temporal y pretende ser eterno y en el sentido epistémico de un sujeto de enunciación que es abstraído, vaciado de cuerpo y contenido, y de su localización [...] desde donde produce conocimientos, para así proponer un sujeto que produce conocimientos con pretensiones de verdad, como diseño global, universal para todos en el mundo” (Grosfoguel, 2007, p.65).

Sin embargo, existen otras posturas que dan cabida a las realidades de contextos latinoamericanos que no se corresponden con la visión occidental. Ejemplo de esto, es la *Epistemología del Sur* de De Sousa (2011), mediante la cual se valoran otro tipo de conocimientos, incluyendo aquellos “ancestrales y otras costumbres, raíces, maneras de gobernar, otras formas de interculturalidad” (Íbid 2011, p. 13), no solamente los considerados científicos para observar nuevas prácticas sociales moldeadas por el colonialismo y el capitalismo.

Salir de la *hybris* del punto cero, es decir, cuestionar el lugar desde donde se produce conocimiento (Grosfoguel, 2007) y la dimensión epistémica del colonialismo como lo menciona Castro-Gómez (2007), es imprescindible para acercarse al objeto de investigación y tomar distancia

con la manera de generar conocimiento eurocéntrico para conocer otras realidades, aquellas subalternas, silenciadas y marginalizadas, tanto occidentales como no occidentales (De Sousa, 2011). Analizar a sociedades como la mexicana implica, por lo tanto, comprender los contextos en los que la colonialidad y, posteriormente, la modernidad, han modificado relaciones de poder y jerarquías en todos los ámbitos de la vida, pero también, incorporar el análisis de todos los conocimientos –otros– que han sido minimizados para la comprensión de la realidad y relegados al plano de tradición y costumbres.

“Desde el enfoque que aquí llamamos decolonial, el capitalismo global contemporáneo resignifica, en un formato posmoderno, las exclusiones provocadas por las jerarquías epistémicas, espirituales, raciales/étnicas y de género/sexualidad desplegadas por la modernidad” (Grosfoguel, 2007, p. 14).

Como característica inherente de la colonialidad, se encuentra la desigualdad, lo que provoca que dicho patrón de dominación social de raza, género y etnicidad se encuentre en crisis (Quijano, 2013), ante lo cual se hace necesario un nuevo patrón de conflicto, donde lo que está en juego es la supervivencia (Quijano, 2012). Para incluir otras voces, otros pensamientos y otras maneras de observar la vida, la propuesta del pensamiento decolonial (Grosfoguel, 2007), surge como otra vía para visibilizar mundos fuera de lo occidental, sin embargo, esto requiere transformar el sistema de dominación presente en el sistema-mundo colonial, capitalista y patriarcal en el que estamos insertos como sociedad (Dussel en Grosfoguel, 2007).

La decolonialidad surge como contraparte de la modernidad/colonialidad (Mignolo, 2008), desde la herida colonial, por lo que presupone la diferencia que la colonialidad generó. En este paradigma, otras maneras de pensar y otras vidas son posibles y se dan de manera heterogénea dependiendo del contexto geográfico. Es importante observar y diferenciar desde qué ámbitos la colonialidad permeó en nuestras realidades, siendo el género una de las esferas que trastocó a fondo y con implicaciones para las sociedades.

Feminismos decoloniales

El comprender que estamos insertos en un orden social moldeado por la colonialidad es de suma importancia para entender contextos como el mexicano, sin embargo, no es suficiente nombrarlo sin definirlo como un eje del sistema de poder, por lo que hay que analizar como lo sugiere Lu-

gonos (2008), a partir de la intersección de raza, clase, género y sexualidad, lo que ella denomina el Sistema Moderno-Colonial de Género, concepto pionero en el análisis decolonial, aunque no fue reconocido de manera inmediata entre los teóricos (Mendoza, 2016, p.3). En este sentido, analizar fenómenos sociales requiere identificar las relaciones dentro del sistema de poder que se encuentran entrelazadas en las distintas categorías.

Las relaciones diferenciales de género son planteadas por Lugones (2008) quien identifica su inicio a partir de la colonización. María Lugones propone un feminismo decolonial a partir de las críticas feministas provenientes de “mujeres de color, chicanas, mujeres populares, autonomía feminista latinoamericana, feministas indígenas y el feminismo materialista francés al denominado feminismo hegemónico” (Curiel, Ochy, 2014, p. 48), el cual se había catalogado como universal y con una sola mirada del ser mujer, contando con elementos racistas y clasistas al dejar de lado la diversidad de contextos.

A su vez, Rita Segato (2011), reconoce la existencia de relaciones de dominación por cuestión de género desde las sociedades tribales, en donde reconoce nomenclaturas de género en el contexto histórico específico, que con la colonia se reorganizaron a partir de la superioridad de los hombres y en detrimento o eliminación del poder político de las mujeres, donde éste existía. En este sentido se analiza la categoría de género desde el feminismo decolonial a partir de la “constitución de la episteme moderna colonial y no como un simple eje de diferencias” (Curiel, Ochy, 2014, p. 55); es decir, que se entiende que es a partir del colonialismo y de la modernidad que se realizan opresiones por cuestiones de género.

Muestra de lo anterior es que las mujeres, a partir de la colonia, quedaron relegadas al ámbito privado y los hombres se enmarcan en una dualidad; por un lado, acceden a una posición de poder más fuerte y con mayores privilegios (Segato, 2010) y por otra parte se enfrentan al estrés y dominio soberano del colonizador.

Al utilizar el feminismo decolonial como eje epistémico se explora que existe una apuesta por reconocer y romper con el sistema moderno/colonial patriarcal, capitalista, racista, sexista que solamente ha invisibilizado al “otro” (Cariño en Ochoa, 2017). En este sentido, como lo argumenta Lugones “no hay descolonización sin despatriarcalización y no hay despatriarcalización sin descolonización que no sea racista”. Por lo tanto, es relevante analizar las relaciones de género como omnipresentes de toda la vida social como lo propone Segato (2010, p. 12) como moldeador de jerarquías entre la masculinidad y la feminidad.

Es importante resaltar que se reconoce la existencia de un feminismo descolonial plural, en donde existen múltiples propuestas (Ochoa, 2017) al existir diversidad de genealogías, orígenes, contextos, enunciaciones y procesos de producción. El punto de vista de las mujeres no puede ser pensado desde la presunción de una identidad única, como lo expresa Espinosa-Miñoso (2014, p.10), debido a que la experiencia de ser mujer se da de forma social e históricamente determinada. Es por lo tanto indispensable analizar las particularidades del contexto que se está analizando con la idea de generar conocimiento que puede dirigirse a múltiples direcciones con la finalidad de no solamente argumentar en términos de la subordinación de mujeres y hombres sino también “generar alternativas desde las realidades que viven las mujeres y hombres” (Ochoa, 2021, p. 33). Desde autoras como Ochoa (2017) se entiende que el conocimiento desde nuestra posición de subalternos y explotados por la colonialidad, no se va generando de una sola manera, sino que depende de las experiencias, cosmovisiones y emociones que atraviesan a las poblaciones.

Es en este marco en el que se pueden analizar fragmentos de realidad o problemas de interés en distintos ámbitos, en este capítulo, es el ámbito territorial en el cual se suscitan y reconocen relaciones de poder por cuestión de género, que a su vez influyen en cómo se organiza el espacio y cómo se llevan a cabo las relaciones sociales dentro del territorio. En este tenor, la metodología de investigación es crucial al momento de analizar espacios territoriales y los fenómenos que en éstos se suscitan, ya que son a través de los métodos y herramientas que van a permitir modificar conductas que eviten invisibilizar o generar conocimiento desde una sola mirada, por lo que es importante reflexionar y argumentar sobre la existencia de una metodología feminista.

Metodología feminista

Las metodologías feministas son definidas como las prácticas de la acción feminista y también como formas de generación de conocimiento (De Barbieri, 1998, p. 103), en las que intervienen métodos de trabajo con mujeres que busque provocar el reconocimiento de las implicaciones de los sistemas de género en sus vidas y la capacidad que tienen para expresar sus ideas, motivaciones y descontentos. En este sentido, la misma autora reconoce que la metodología no puede desvincularse de la teoría, por lo que no existe una forma única de hablar de metodología como pasos a seguir, sino acumular conocimiento conforme a las formulaciones teóricas.

De acuerdo con Sandra Harding (1987), no existe un método distintivo de la investigación feminista, sino que cualquiera de los métodos de

la investigación tradicional, son aplicables. La diferencia radica en cómo se emplean los métodos de recolección de información, como ejemplifica Bartra (2002), las feministas escuchan lo que las mujeres informantes comprenden acerca de sus propias vidas y de la de los hombres y se mantiene una posición crítica frente a las preconcepciones de la ciencia social tradicional sobre la vida de los hombres y las mujeres.

Las características particulares de la investigación desde el feminismo se pueden identificar de acuerdo con Harding (1987), en: contar con nuevos recursos empíricos y teóricos desde la experiencia de las mujeres, nuevos propósitos para la ciencia social desde la postura en favor de las mujeres y un nuevo objeto de investigación al situar a la persona que investiga en el mismo plano crítico que el objeto de estudio.

Sin embargo, se debe reconocer que en los inicios de la ciencia social feminista se usaban las categorías como mujer, género y feminismo de manera indistinta, lo que resultaba en ignorar diferencias éticas, políticas y epistemológicas entre las mujeres (Stanley y Wise, 1990 en Goldsmith, 1998, p. 43). Desde el feminismo junto con la teoría crítica y de la posmodernidad se enfatizó el contexto en el que se genera conocimiento y el producto de este proceso, entendiendo que los problemas “giran en torno a las subjetividades y las identidades se producen en medio de la diferencia sexual, de clase, de nacionalidad, de raza, de etnia, edad, religión etc.” (De Barbieri, 1998, p. 111).

Al existir una multiplicidad de críticas feministas, se dificulta obtener una sola metodología feminista y este debate se encuentra inacabado y lejos del consenso de la existencia de una definición sobre metodología feminista. Personas que se encuentran en relación con la academia y el movimiento feminista argumentan la existencia de una metodología feminista, y otras autoras desde la epistemología como Harding y Longino, McCarl y Fox Keller, se muestran desde el escepticismo sobre la posibilidad o pertinencia de una metodología feminista (Goldsmith, 1998, p. 53).

Asimismo, existen cuestionamientos como el que realiza Zaida Muxí (2018) respecto a ¿Cómo es posible escribir y resignificar el conocimiento desde espacios no patriarcales, si estamos inmersas en esos mismos valores? O como aquel que realiza Ochy Curiel (2014, p. 55), respecto a: ¿Qué significan los puntos de vista en investigaciones feministas?, ¿Qué tanto imponemos género en los procesos investigativos y epistemológicos cuando estudiamos a mujeres racializadas? Y dichos planteamientos no cuentan con una respuesta única, sino que implica entender los contextos y posturas, sin embargo, abren el panorama de reflexión en el que se

encuentra la creación de conocimiento a partir del feminismo.

A partir de algunas autoras como De Barbieri (1998, p. 105-106), se reconoce un consenso de prioridades metodológicas entre feministas académicas principalmente en tres aspectos, el primero es que se busca acabar con la ceguera de género en la investigación social, el segundo, radica en que se genere conocimiento que dé cuenta de las condiciones de vida de las mujeres y, por último, que el conocimiento debe estar encaminado a eliminar la desigualdad y subordinación de las mujeres. En concordancia con el planteamiento de Bartra (2002, p. 148), se parte del entendimiento de que la investigación feminista siempre contempla de forma explícita o no, la división social por géneros y su jerarquía y la metodología enfocada en este tipo de investigación se moldea conforme se desarrolla el trabajo, al descubrir sesgos sexistas e intentar corregirlos y construir nuevo conocimiento a partir de esto.

Esta investigación se posiciona desde el feminismo, utilizando la perspectiva de género como el estudio de las mujeres en relación con los hombres y en relación con otras mujeres, como lo propone Goldsmith, (1998, p. 50) y como herramienta de análisis que organiza las distancias a partir de diferencias corporales, de clases, las etnias, diferencias culturales y raciales (De Barbieri, 1998, p. 127-132). En este sentido la categoría de género implica mucho más que solamente analizar las distancias por desigualdad de género, se hace necesario incorporar otras desigualdades que se entrecruzan, como de clase y de raza, para identificar en situaciones históricas concretas, cómo se articulan e interconectan, para una comprensión integral; además de evitar analizar realidades desde cualquier posición de poder y dominación como lo sostiene Curiel (2013, p. 28 en Curiel, 2014, p. 56), que implica otorgarles a ciertos grupos sociales categorías como “otros” y “otras”.

En suma, la metodología feminista debe entenderse no solamente como una herramienta que permita mirar de manera crítica la realidad y las formas de hacer conocimiento al visibilizar y exponer jerarquías de poder, sino como lo propone Barbara Biglia (2014, p. 21), se debe caminar hacia una propuesta epistemológica y política de transformación social a partir de la creación de saberes.

Es por lo dicho en este apartado que la investigación que sustenta el presente trabajo parte de una metodología cualitativa, que busca incorporar las voces de las personas (vecinas, vecinos, líderes, lideresas) que viven y experimentan el fenómeno de habitar en dos asentamientos humanos irregulares en la periferia norte del municipio de Puebla, denominados

Ampliación Ignacio Mariscal Primera y Segunda Sección. Se busca en este sentido, contar con una participación por parte de las investigadoras, con la finalidad de conocer y experimentar la mayoría de las actividades como lo expresan Hernández-Sampieri et al. (2020), ya que con el simple hecho de estar presente en un espacio y con un grupo de personas, se influye en cómo las personas van a reaccionar ante cualquier situación durante la investigación.

Asimismo, las unidades de análisis son las personas, los grupos, las relaciones y la comunidad, contando como elementos de observación: el entorno, el ambiente social y humano, actividades individuales y colectivas, hechos relevantes y artefactos que utilizan. Se utilizaron herramientas de investigación como caminatas en grupos de mujeres, entrevistas a profundidad e historias de vida, para que principalmente las mujeres opinen respecto a distintos elementos territoriales que les atraviesan en su cotidianidad. A la luz de este marco metodológico es que se analizan a continuación los elementos teóricos centrales del presente artículo para dar respuesta a ¿Cómo se concretan territorialmente las desigualdades de género entre hombres y mujeres? A través de reflexionar sobre cómo analizar la desigualdad de género en el territorio.

Analizar la desigualdad de género en el territorio

Entender los fenómenos socio territoriales implica reconocer que el espacio permea en las relaciones sociales y éstas a su vez, también inciden en cómo se genera y transforma el territorio. Además, incluir la perspectiva de género comprende que no solamente se reconozcan las relaciones sociales, sino que visibiliza que éstas se presentan de manera desigual en el espacio. Este enfoque se ha incluido en análisis desde la sociología urbana desde los años sesenta y setenta (García Ballesteros, 1986, en Delgado, 2019, p. 46), aunque el enfoque de priorización ha cambiado a lo largo del tiempo, por lo que es necesario continuar elaborando este tipo de análisis en distintas esferas del conocimiento.

El entendimiento del género como una estructura o práctica social debe comprenderse entonces, a la luz del espacio donde se llevan a cabo dichas prácticas (Delgado, 2019); es decir, contextualizar en el espacio las implicaciones en las relaciones de género al comprender que el género necesita un lugar para existir y desarrollarse (ídem). Es, por lo tanto, que este tipo de enfoques son de utilidad para analizar casos de estudios concretos con grupos de personas o una comunidad.

El análisis en torno al hábitat y contextos urbanos ha sido abundante en investigaciones académicas y en el sector público y privado; sin embargo, pocos estudios relacionan la problemática de género, aun contando con información suficiente sobre los roles y relaciones diferenciadas de género, en cómo influyen en gran medida en fenómenos sociales (Massollo, 1999 en Shteingart, 2011, p. 122). En dicho marco, toman relevancia aspectos que colocan a las mujeres en desigualdad, como son los bajos ingresos por falta de trabajo, principalmente formal, la violencia y el poder que ejercen los hombres sobre las mujeres.

La manera en cómo se organiza, ordena y usa el espacio son consecuencias de procesos sociales, resultado de las acciones conscientes de los individuos y grupos que dotan de significado a una forma espacial que expresa una sociedad históricamente definida (Castells, en Lezama 1993). En este sentido, el espacio como producto y productor de organización social reproduce valores de una sociedad, “condiciona el papel de los actores sociales, de las mujeres y los hombres, de los grupos y de la reproducción de las clases sociales” (Esquivel y Huarte, 2017, p. 192). Dicho de otra manera, analizar cómo se llevan a cabo las prácticas sociales en el espacio, es fundamental para identificar apropiaciones atravesadas por sistemas de poder y de intereses políticos y económicos, como lo menciona Gabriela Navas (2018, p. 39) solo así se puede observar el desarrollo de una ciudad.

Los fenómenos seleccionados para este análisis corresponden a su relevancia en cómo se concretan territorialmente las relaciones desiguales de poder que se encuentran inmersas en ellos. En un primer momento es importante analizar, como lo propone el Urbanismo Feminista, al cuerpo como territorio, ya que al habitar en un espacio y relacionarse dentro de los hogares y con la comunidad se pueden identificar elementos provenientes del sistema patriarcal, que a su vez se relacionan con la forma en que interaccionan en las esferas productivas y reproductivas de las ciudades. Por otra parte, la tenencia de la tierra es un fenómeno central para el entendimiento de la conformación urbana en México y en este caso en el municipio de Puebla, que también otorga características particulares a la población que habita en zonas consideradas informales por no adecuarse a la normatividad urbana, o bien por no contar con servicios públicos, infraestructura y equipamiento urbano.

El cuerpo como territorio

El espacio cobra relevancia si se analizan los “constructos culturales sobre los que es correspondiente a un cuerpo biológico sexuado, dentro de

los cuales, uno de esos constructos está relacionado a los espacios” (McDowell, 1983 en Delgado, 2019, p. 52). A partir del bagaje teórico proveniente del Urbanismo Feminista, distintas autoras como Ana Falú, han analizado cómo el cuerpo se puede entender como un territorio (CISCSA Ciudades Feministas, 2021), el cual es el primero en colonizarse y es el primer receptor de la norma patriarcal y heteronormativa que le cosifica y violenta.

Sin embargo, el cuerpo se convierte también en el espacio donde se llevan a cabo las resistencias y donde éstas se materializan. Es a través del cuerpo que se sitúa en un contexto espacio temporal específico, que diversas luchas feministas a lo largo de la historia de Latinoamérica pueden ser claramente vistas, por ejemplo, como lo expone María Rodó-Zárate (2018), la lucha por el derecho al aborto libre, seguro y gratuito y en relación con la libertad sexual.

Desde el marco del feminismo decolonial, se puede identificar cómo las relaciones de poder están marcadas por los cuerpos de las personas, por cómo “ser hombre y ser mujer” se entiende dentro de la estructura social y se actúa en consecuencia. Asimismo, a partir de nuestros cuerpos es que transitamos los territorios, con miradas distintas hacia éstos. Lo anterior se concreta de manera particular por los contextos, en un tiempo y espacio determinado, siendo en las zonas urbanas en donde esto se exacerba y se vuelve evidente.

Lo anterior se observa a partir de la existencia de una elevada tasa de violencia de género hacia las mujeres en las ciudades. En México en el ámbito rural durante 2021, 34.7 % de las mujeres de 15 años y más, aseguraron haber sufrido algún tipo de violencia, mientras que en las zonas urbanas dicho porcentaje asciende a 45.3 %. El ámbito con mayor ocurrencia de violencia contra las mujeres durante 2021 fue el comunitario en las zonas urbanas (25.3 %), mientras que en las zonas rurales fue el ámbito de pareja (20.5 %) (ENDIREH, 2021). Por otra parte, los mecanismos de denuncia y las instituciones a las cuales se puede acudir ante un acto de violencia se concentran en las zonas urbanas, por lo que de acuerdo con el lugar donde habitan las mujeres existen barreras que facilitan o dificultan su acceso.

A través de la ENDIREH, 2021 aplicada en México, la cual genera información sobre experiencias de violencia que han vivido mujeres de 15 años y más, clasificándose por tipo: emocional-psicológica, física, sexual, económica o patrimonial, así como en los distintos ámbitos: escolar, laboral, comunitario y familiar; 70.1 % de mujeres de 15 años y más, a lo

largo de su vida han experimentado al menos una situación de violencia de los tipos comentados anteriormente, siendo la violencia psicológica la que cuenta con mayor número de incidencias (51.6 %), seguido de la violencia sexual (49.7 %).

Asimismo, 45.6 % de las mujeres de 15 años y más en México han sufrido violencia en el ámbito comunitario, es decir, en calles, parques y transporte público, siendo las calles donde más agresiones ocurren de tipo sexual como piropos, intimidación, acecho, abuso sexual, violación e intento de violación. Si bien la encuesta mencionada no incluye información sobre el número de feminicidios, es una realidad lacerante en México, al ser el segundo país de América Latina con mayor número de feminicidios, ya que durante 2020 se registraron 948, misma cifra de los ocurridos durante 2019 (CEPAL, 2020).

Lo anterior, se relaciona con la experiencia de las mujeres al habitar sus cuerpos, identificada muchas veces como miedo en el espacio público. En el grupo de mujeres entrevistadas en Ampliación Ignacio Mariscal, no salen de su casa por la noche (a partir de las 10pm), derivado de la inseguridad que se percibe en el espacio público, lo cual limita realizar actividades, principalmente sin compañía, al tiempo que se observan a las mujeres y a las personas jóvenes como los más susceptibles a ser asaltados en distintos puntos de los asentamientos, principalmente al regresar de sus lugares de trabajo.

Estos datos son reveladores cuando queremos analizar el espacio, en donde se enmarca cómo el tener un cuerpo femenino o feminizado, se relaciona con mayores niveles de violencia en el espacio público y por supuesto también en el privado. Asimismo, en los cuerpos se concretan los roles culturales que les han sido asignados, en donde los ámbitos productivos y reproductivos se diferencian respecto a quiénes pueden ocupar estos espacios.

Relación entre ámbitos productivos y reproductivos

Los entornos urbanos se han conformado a partir de la dicotomía público-privado, desde una mirada hegemónica patriarcal (Muxí, 2006; Valdivia, 2018), favoreciendo al espacio público la vida económica, política y cultural, vinculada principalmente a hombres, mientras que los espacios privados, aquellos donde se lleva a cabo la reproducción de la vida y los cuidados, se relacionan principalmente a las mujeres (Valdivia, 2020, p. 15). Sin embargo, existe una dominación masculina en ambos espacios, lo cual “enfatisa el rol subordinado de las mujeres, su papel reproductor,

su rol de víctima y le impide incorporarse a la sociedad” (Tarres, 1989, p. 204). Retomando lo que argumenta Egizabal (2018), el espacio público es un espacio definido desde el poder, al estar jerarquizado y segregado, sin embargo, esto también se presenta en el espacio privado.

Desde la Geografía Feminista (Sabaté, Rodríguez, Díaz, 1995), se han abordado explícitamente cómo las diferencias territoriales impactan en las relaciones de género, en donde la división sexual del trabajo es un elemento central para este entendimiento. Es en espacios urbanos donde se pueden identificar, en mayor medida, los cambios culturales y económicos que impactan en las relaciones de género, por ejemplo, como lo detalla Delgado (2019) en la incorporación de las mujeres al trabajo, la desindustrialización, la tercerización de la economía y la precarización del trabajo, lo cual impacta en los roles tradicionales de género y abre camino, también, a reivindicaciones.

La división sexual del trabajo a partir de la revolución industrial y el urbanismo moderno ha fomentado la especialización de espacios y roles de género, favoreciendo la “segregación de espacios urbanos en función de las actividades que en ellos se desarrollan y del sexo de quienes las desarrollan, lo cual ha provocado la masculinización de la esfera productiva y la feminización del ámbito reproductivo” (Amoroso, S., 2020). Esto implica que las mujeres, encargadas tradicionalmente del cuidado de las infancias, de las personas adultas mayores o personas enfermas, son quienes con mayor frecuencia se trasladan a pie, en transporte público o privado a espacios donde se ofertan servicios de salud y de educación, además del ámbito laboral (Gabosi, 2021), en donde son sujetas de diversas violencias como se analizó en el apartado anterior.

Aunque el espacio público se caracteriza como aquel espacio donde se suscita un mayor número de violencias, también éstas se ejercen en el espacio privado, por lo que también se debe visibilizar la desigualdad de género en estos para el completo entendimiento de los ámbitos urbanos (Falú, 2014; Ortiz Escalante, 2014; Segato, 2018) y no dejar de lado su visibilización, para exigir y realizar acciones que penalicen la violencia doméstica, familiar y de pareja.

En concordancia con autoras y autores, el espacio privado (o interior) no se puede entender como todo lo que va de la puerta de la calle a la vivienda y el exterior como todo lo que está fuera de la edificación, ya que las relaciones sociales no conocen dichas fronteras y existen actividades que transitan por ambos espacios (Del Valle, 1991, p. 227). En otras palabras, el espacio exterior, es exterior debido a la existencia de un

espacio interior. Sin embargo, es un hecho que, en la configuración de las ciudades, todo espacio privado, ha sido separado y diferenciado del espacio público-externo, en donde éste último se construye a partir de un solo usuario, principalmente “hombre, clase media, blanco y heterosexual, así como en edad reproductiva” (Rose, 1993 en Navas, 2018: 51) y por lo tanto las mujeres quedan relegadas en el espacio doméstico sin reconocer que también se realiza un trabajo dentro de los mismos.

Existen cifras oficiales en México sobre el trabajo no remunerado dedicado al espacio doméstico y de cuidados desde el año 2003, a través del Sistema de Cuentas Nacionales, en donde se resalta que las horas laboradas en tareas domésticas y de cuidados calculadas, son 39.7 horas que dedican las mujeres y 15.4, los hombres. Lo cual representa una diferencia si se analiza la compartición de tareas. Asimismo, el valor económico del trabajo no remunerado de los hogares en 2020 es de 27.6% del Producto Interno Bruto (PIB) del país, de lo cual el 20.2 % lo proporcionan las mujeres y el 7.4% los hombres.

El trabajo no remunerado relacionado al trabajo doméstico y de cuidados sigue siendo invisibilizado en la normatividad, aun cuando se cuenta con información respecto a las horas y el porcentaje que produce a la economía. Por otro lado, se sigue pensando que las mujeres son quienes deben realizarlo, además de no retribuirles por el mismo. Sin duda este es uno de los aspectos más relevantes a profundizar y a elaborar propuestas en las ciudades para que éstas sean más igualitarias.

El trabajo invisibilizado como lo define Silvia Federici (2018, p. 26) del trabajo doméstico, no es solamente mantener una casa ordenada, sino que implica la reproducción del trabajo “servir a los que ganan el salario, física, emocional y sexualmente”. Por lo que dicho trabajo, favorece y contribuye a la reproducción del capital, aunque esto no le sea reconocido socialmente. Al analizar el caso de estudio de Ampliación Ignacio Mariscal, las mujeres además de que algunas se encuentran inmersas también en la esfera productiva con horarios laborales de 8 horas diarias o bien realizan venta de productos y servicios dentro de sus hogares, son quienes se encargan del cuidado de sus hijas, hijos, personas con discapacidad y de adultos mayores, lo cual las limita en tiempo para participar en actividades de su comunidad, recreativas y de autocuidado. Al tiempo que hacen uso del espacio público fuera de sus hogares, como extensión para el trabajo de cuidados y reproducción, al considerarlo parte de sus espacios privados, es decir, como la continuidad y difusión de los límites que rompe con la dicotomía público y privado.

Los recursos físicos que Moser (2020, p. 221) menciona como centrales para lograr una transformación en las relaciones de poder en términos de género, son la tenencia de la tierra, la vivienda e infraestructura, lo cual aunado con elementos sociales, financieros y humanos pueden lograr una sociedad menos desigual para las mujeres. Asimismo, como premisa, en la Geografía del Género representada por autoras como Sabaté, Rodríguez y Díaz (1995) las ciudades para que sean feministas, deben garantizar a las mujeres el acceso a la tierra y a la vivienda, por lo que parte fundamental del reconocimiento del derecho a la ciudad de las mujeres, es contar con la seguridad jurídica de sus tierras. Se retoma este planteamiento para ahondar en cómo la tenencia de la tierra es un elemento crucial para que las mujeres cuenten con estrategias que mejoren sus relaciones sociales en contextos de desigualdad.



Figura 1. Ampliación Ignacio Mariscal Primera Sección. Espacio público y tareas de cuidado de los hogares (Fotografía de las autoras, 2021).

Tenencia de la tierra

Es esencial analizar la tenencia de la tierra con perspectiva de género. La tierra se entiende en este sentido como un ente material que va a dotar no solamente de la posibilidad de contar con un espacio privado, sino para crear condiciones de relacionarse con el entorno, ya sea a través de áreas verdes, infraestructura urbana y la dotación de servicios públicos. Crea una red que va más allá de un espacio doméstico, que implica su conexión con varios hogares y comercios, es decir, con la comunidad. Por lo tanto, la tierra puede fomentar la disminución de la situación de vulnerabilidad social en la que las mujeres viven al habitar en zonas periféricas de las ciudades con carencias de servicios públicos, infraestructura y equipamiento urbano.

En el caso de las colonias populares en México, de acuerdo con Varley y Blasco, (2000), las mujeres son menos propensas que los hombres a ser

reconocidas por ellas mismas o por otros actores en relación con la propiedad de la tierra, ya que es el nombre del hombre el que por lo regular aparece en todos los documentos que intervienen en transacciones o acreditaciones. Lo anterior, se debe a un constructo social y no a una normatividad establecida de quién debe ser asignado como responsable del título de propiedad, por lo que se relaciona a cómo los hombres son vistos como jefes de familia y poseedores de los bienes comunes. Nuevamente aparece el rol de las mujeres como aquellas que sostienen los hogares con trabajo de cuidados y de reproducción, aunque en muchos casos, ellas también sostienen de manera económica a las familias, aunque el proveedor reconocido oficialmente es el hombre de la familia.

Lo anterior se relaciona a la situación conyugal de las personas, ya que las mujeres casadas cuentan con los mismos derechos que el hombre; sin embargo, la ilegalidad de la tierra representa un área gris en cuanto a la aplicación de las leyes maritales (Varley y Blasco, 2000), ya que no forman parte constitutiva de los bienes de sociedad conyugal hasta que sea legalizada. Cuando la tenencia de la tierra es ilegal, aumentan las dificultades para hombres y mujeres, sin embargo, dotar de certeza jurídica sobre la propiedad ayuda a que se puedan enfrentar situaciones para eliminar desigualdades de género (Varley, 2007), ya que se superan los frentes inmediatos de negociación y resolución de conflictos por la tierra.

En este sentido, con el matrimonio, las mujeres ganan el estatus de poseedoras de propiedad a partir de su relación con su pareja, mientras que los hombres renuncian a la exclusividad de los títulos de propiedad al reconocer a sus esposas y familias (Varley y Blasco, 2000), dentro del rol tradicional establecido por el sistema patriarcal, que se refleja en las leyes mexicanas. La normatividad respecto al matrimonio, en el caso específico de compartir bienes, dota de seguridad a las mujeres que se encuentran en mayor desigualdad en materia de dependencia económica hacia sus parejas.

En otras palabras, como lo menciona Bina Agarwal (1994), acceder a la tierra no es lo mismo que poseer el control de esta, ya que se puede intervenir para que no sea vendida sin consentimiento, pero no implica necesariamente su manejo administrativo. Para que las mujeres realmente ejerzan un control sobre sus tierras se requiere que sean conscientes de sus derechos como ciudadanas, para administrar su economía y plantear exigencias (Deere y León, 2001). En este sentido, también se necesita contar con la información necesaria para la toma de decisiones sobre sus derechos.

Desde este análisis, se identifica que las mujeres se encuentran en mayor desventaja al defender su propiedad en colonias populares en Latinoamérica y específicamente en México, no por desconocimiento de sus derechos, sino por cómo se construye la relación de propiedad como hombres y como mujeres (Varley y Blasco, 2000), en este sentido las mujeres pueden comprender su título de propiedad como secundario y los hombres lo ven como un paquete de derechos y responsabilidades por su rol de proveedor otorgado culturalmente (ibid.). En el caso de estudio de Ampliación Ignacio Mariscal, las mujeres entrevistadas suponen que los terrenos o los contratos de compra y venta se encuentran a nombre de sus esposos, aunque aseguran que el terreno es de la familia en conjunto y representa un espacio que tendrán para toda la vida.

La relación entre género y propiedad de la tierra, aún con insuficiente atención (Deere y León, 2001) en estudios y análisis dentro de la academia o bien, en la agenda pública, es fundamental para transformar la subordinación de las mujeres a los hombres, ya que a través de diversos análisis, se puede constatar que las mujeres propietarias de la tierra tienen una posición más sólida con relación a la asignación de subsistencia doméstica y mayor poder de negociación que las mujeres sin tierra (Agarwal, 1999), pero esto se determina por un conjunto de factores sociales y culturales, para lograr entablar negociaciones.

A manera de ejemplificación, de acuerdo con el trabajo de campo realizado de 2020 a 2023 en el municipio de Puebla, México, en el asentamiento humano Ampliación Ignacio Mariscal Puebla, los terrenos no urbanizados han sido espacios que la población ha transformado de manera constante desde que se asentaron en la zona desde hace más de 30 años, a partir de la búsqueda, con ayuda del gobierno o por cuenta propia, de drenaje, alumbrado, pavimentación y recolección de residuos sólidos urbanos. Las tierras se convierten en esta zona de análisis en elementos de identidad al ser espacios que fueron comprados de manera privada, sin contar con los títulos de propiedad correspondientes, sin infraestructura o equipamiento urbano, por lo que poco a poco han visto la transformación de su entorno, a través de las negociaciones y de gestiones ante las diversas dependencias gubernamentales, principalmente realizadas por mujeres de la comunidad, lo que les permite obtener herramientas de negociación para mejorar sus espacios privados y en relación a su comunidad.

Para algunas autoras, como Agarwal (1994 en Deere y León, 2001), así como Caroline Moser (1998, 2020) y Maxine Molyneux (1985) y como uno de los elementos centrales para el Urbanismo Feminista y la

Geografía Feminista, la propiedad de la tierra otorga una base más sólida para el impulso de la participación social y política que un empleo, por consiguiente, permite imp ugnar la desigualdad de género en otros espacios. Lo anterior se abre en un frente en donde el poder de negociación al interior del hogar, mediada por género, edad y parentesco, se relaciona también, con la negociación fuera del hogar, es decir, con la comunidad y el Estado. En otras palabras, estas negociaciones pueden relacionarse con la representación de la comunidad ante el gobierno, con la búsqueda de servicios y equipamiento urbano, además del reconocimiento de la propiedad de sus tierras.

Lo anterior, se presenta de manera diferenciada tanto a nivel país como estado y municipio, derivado de los contextos que conforman las distintas relaciones de poder, por lo que se hace necesario el análisis a nivel micro para identificar acceso a tierra y, por ende, a una mejor postura de negociación de las mujeres.

Discusión

Este artículo se centró en ejemplificar cómo es que se puede analizar el territorio a partir de la epistemología feminista a través de los feminismos decoloniales en tres ámbitos en donde se hace indispensable visibilizar y diferenciar por género para identificar particularidades en el entendimiento complejo de la realidad, que den paso a reivindicaciones y acciones que eliminen las situaciones de desigualdad que se presentan.

Analizar fenómenos socioterritoriales desde la óptica de los feminismos decoloniales, implica el reconocimiento de las relaciones de género que se suscitan en el territorio y que atraviesan los territorios en sus múltiples dimensiones, escalas y ámbitos a partir del entendimiento del orden normativo de un sistema patriarcal y las desigualdades históricas que han sido construidas y modificadas por la colonialidad y la modernidad.

En este sentido, se especifican tres aportaciones importantes al analizar el territorio desde la óptica de los feminismos decoloniales que se consideran de suma importancia en el estudio de los procesos socioterritoriales, mismos que se enlistan a continuación.

- 1) Los feminismos decoloniales permiten reconocer jerarquías en un contexto socioterritorial específico, construidas a partir de la colonia y definidas por Segato (2010) como de casta, estatus y género, en el sentido que transforman todos los espacios de la vida, e implican subordinación y exclusión, principalmente de las mujeres. Lo anterior,

implica que dentro del territorio no se puede analizar de manera homogénea a la población, ya que las relaciones de poder no permiten la participación por género de la misma manera.

2) A partir de los feminismos decoloniales se visibiliza la multiplicidad de cosmovisiones presentes en los territorios, aquellos que existen en el ámbito urbano, pero también aquellos de comunidades rurales, sin embargo, se retoman los diferentes contextos no para ser modificados sino para visibilizar que “el otro no es un problema a ser resuelto” (Segato, 2010). Lo anterior, debe incorporarse en el análisis de los problemas socioterritoriales, donde las experiencias de relaciones de género y estrategias de luchas son diferentes y se concretan en los territorios.

3) Desde los feminismos decoloniales se pueden analizar los procesos históricos de los ámbitos públicos y privados, en donde el poder es el eje central que condiciona la manera y posibilidades de apropiación del espacio según género, raza y situación económica. Por un lado, las mujeres han perdido el poder político desde la colonia (Segato, 2011) y han sido relegadas al espacio privado, imposibilitando los vínculos entre personas (ibíd) que se generan en espacios públicos, lo que también limita su capacidad de negociación.

A la luz de lo anterior, la relevancia de los feminismos decoloniales en estudios e investigaciones sobre el territorio, permiten complejizar los ámbitos sociales, políticos y económicos que explican los fenómenos, además de visibilizar problemáticas relacionadas con desigualdad de género, que de otra manera no se visibilizan para generar conocimientos-otros.

Conclusiones

La ciencia occidental y la objetividad del conocimiento científico no reconocen la existencia de relaciones sociales y valores humanos donde intervienen creencias y subjetividades para formular problemas de investigación, así como las preguntas e hipótesis (Blazquez, 2020), lo cual conlleva a una interpretación de resultados sesgados. Se hace necesario romper con el paradigma occidental para dar cabida a otras posturas y visiones, que permitan un diálogo entre conocimiento que históricamente ha sido considerado no válido y precientífico.

La decolonialidad y específicamente los feminismos decoloniales, representan una vía alterna para observar la realidad y generar conocimiento sin pretensión de crear universalismo abstracto, en donde, se debe romper

con concepciones occidentales para ver más allá de lo creado previamente. Además de buscar el análisis desde posturas consideradas –otras– ya que provienen de espacios no occidentales y fuera de la heteronormatividad.

Un ejemplo de ruptura en este sentido es reconocer la invisibilización de las mujeres en la mayoría de los análisis relacionados con problemas socioterritoriales, ya que, mayoritariamente, ha sido a partir de la figura del hombre –principalmente blanco heterosexual y joven– que se construye y se observa la realidad. Asimismo, reconocer a las mujeres en su interseccionalidad, de acuerdo con clase, raza y las diferentes identidades, como lo propone Lugones (2008), dota de complejidad y permite una explicación más integral de la realidad.

La manera en cómo se organiza el territorio y el acceso al hábitat adecuado, no impacta de igual manera entre los géneros (Falú, 2014, en Gabosi, 2021), es decir, el espacio no es neutro cuando se analiza a la luz de la perspectiva de género. A su vez, las dinámicas de poder se traducen en elementos físicos y sociales que transforman el espacio y pueden facilitar o limitar el derecho a la ciudad de la población (Gabosi, 2021), por lo que no solamente el entorno determina cómo se dan relaciones desiguales en el espacio, sino que estas relaciones moldean los espacios.

Lo anterior se puede analizar de manera concreta en la distribución de actividades de reproducción y de cuidado, que tiene implicaciones en fenómenos y elementos concretos del espacio urbano como la movilidad, equipamiento e infraestructura, así como en la esfera productiva, en donde los roles de género en un lugar concreto cuentan con implicaciones diferentes.

Por último, también cuenta con un impacto en el acceso a la tierra y a la vivienda, aspectos esenciales para que una ciudad sea realmente igualitaria, ya que un elemento para el derecho a la ciudad, desde la perspectiva de género, implica contar con certeza jurídica en la obtención de un patrimonio propio que pueda ser administrado y habitado.

En el caso de estudio expuesto, situado en la periferia norte del municipio de Puebla, se encontraron elementos en donde las concreciones territoriales por un lado, limitan la vida cotidiana de las mujeres al contar con carencias urbanas y estar inmersas en estructuras de relaciones desiguales de poder, pero también, crean espacios de resistencia y negociación ante la posibilidad de ser las mujeres quienes se encargan de generar territorios habitables a partir de gestiones ante el gobierno, empresas privadas y su comunidad, lo cual les dota de herramientas de reconocimiento y atención ante acciones y actitudes machistas dentro y fuera de sus hogares.

Analizar estas problemáticas urbanas a la luz de los feminismos decoloniales permite abreviar, con ejemplos concretos, cómo puede la generación de conocimiento avanzar hacia una postura que permita incluir a la subjetividad de quién investiga en cómo se observa la realidad, pero también en cómo se plasma al momento de redactar y divulgar los resultados. Asimismo, el análisis de las desigualdades de género en cualquier esfera de la realidad, en este caso en el ámbito territorial, resulta indispensable para guiar el interés tanto en la academia como en la agenda pública hacia entornos igualitarios.

Referencias bibliográficas

- Adorno, T., (1975). *Epistemología y ciencias sociales*. Frónesis Cátedra Universitat de València, Disponible en <http://www.cseiiio.oaxaca.gob.mx/biblioteca/libros/metodologia/epistemologiayciencias-sociales.pdf> Pp. 19-43, 101-128
- Amoroso, Serafina, (2020). Urbanismo con perspectiva de género en Crítica Urbana, *Revista de Estudios Urbanos y Territoriales*. III (11). 8-11. Disponible en: http://criticaurbana.com/wp-content/uploads/2020/03/CU11.-Completa_-Mujeres-y-ciudad.pdf
- Agarwal, Bina (1999). Negociación y relaciones de género: dentro y fuera de la unidad doméstica. *Historia agraria: Revista de agricultura e historia rural*, (17), 13-58.
- Bartra, Eli (Comp.) (2002). *Debates en torno a una metodología feminista*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. México, D.F.
- Biglia, Barbara (2014). Capítulo 1. *Avances, dilemas y retos de las epistemologías feministas en la investigación social* en Irantzu Mendia Azkue, Marta Luxán, Matxalen Legarreta, Gloria Guzmán, Iker Zirion, Jokin Azpiazu Carballo (Eds.), *Otras formas de (re) conocer Reflexiones, herramientas y aplicaciones desde la investigación feminista* (pp. 21-44). Bilbao-Vitoria-Gasteiz, Universidad del País Vasco,.
- Blazquez, Norma. (2020, Septiembre, 09). Conferencia Magistral “*Epistemología e Investigación Feminista*” [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=OFjV9IrWRS0&t=2575s>
- Bordieu Pierre et al. (2002). *El oficio del Sociólogo*. Presupuestos epistemológicos. Siglo XXI Editores, Argentina.
- Castro-Gómez, S., y Grosfoguel, R., (2007). *El giro decolonial Reflexiones para una diversidad epistémica más allá del capitalismo global*. Siglo del Hombre Editores, Universidad Central, Instituto de Estudios Sociales Contemporáneos y Pontificia Universidad Javeriana.
- CISCSA (Anfritrión). (2021). *Hacia ciudades feministas* [Podcast]. Spotify. <https://open.spotify.com/show/5yJ3UlgxALcU2Q4FdNDILi?si=4097b62b451c4447>

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL (2020). *Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas. Número de feminicidios o feminicidios*. https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/technical-sheet.html?lang=es&indicador_id=2780&a-rea_id=222
- Curiel, Ochy (2014). Capítulo 2. *Epistemologías y metodologías feministas*. En Irantzu Mendi Azkue, Marta Luxán, Matxalen Le-garreta, Gloria Guzmán, Iker Zirion, Jokin Azpiazu Carballo (Eds.), *Otras formas de (re)conocer Reflexiones, herramientas y aplicaciones desde la investigación feminista* (pp. 45- 60.) Universidad del País Vasco.
- De Barbieri, Teresita. (1998). *Acerca de la propuesta metodológicas feministas*, en Bartra, Eli (Comp). *Debates en torno a una metodología feminista*. Programa Universitario de Estudios de Género. Universidad Autónoma Metropolitana.
- De la Garza Enrique (2001). Epistemología crítica y el concepto de configuración. *Revista Mexicana de Sociología*, 63 (1), 109-127. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Del Valle, Teresa (1991). *El espacio y el tiempo en las relaciones de género*. KOBIE Serie Antropología Cultura, pp. 223-236. Bilbao.
- De Sousa, B. (2011) *Epistemologías del Sur*. Utopía y Praxis Latinoamericana. Año 16 (54), 17-39. Disponible en: http://www.boa-venturadesousasantos.pt/media/EpistemologiasDelSur_Utopia%20y%20Praxis%20Latinoamericana_2011.pdf
- Deere, Carmen Diana y León, Magdalena (2001). *Derechos de propiedad, herencia de las esposas e igualdad de género: aspectos comparativos entre Brasil e Hispanoamérica*. *Revista Estudios Feministas*, 9(2), 433-459. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.
- Delgado, Lionel Sebastián (2019). *Locus de género: Masculinidades y espacios urbanos en contextos de cambio*. ASPARKÍA (35), 45-65.
- Esquivel, María Teresa y Huarte, María Concepción Huarte (2017). *Espacios de domesticidad: la vivienda de interés social, uso y apropiación en Cossi*, Galia y Pilar Velázquez (Coords.). *Desigualdad de género y configuraciones espaciales* (pp. 191-212). Universidad Nacional Autónoma de México Centro de Investigaciones y Estudios de Género, Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, Instituto de Geografía, UNAM. ISBN: 978-607-02-9790-8.

- Falú, A. M. (2014). *El derecho de las mujeres a la ciudad*. Espacios públicos sin discriminaciones y violencias. *Vivienda Y Ciudad*, (1), 10–28. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/ReViyCi/article/view/9538>
- Federici, Silvia (2018). *El patriarcado del salario*. Críticas feministas al marxismo. Tinta Limón. Buenos Aires.
- Gabosi, María Julia (2021). *La participación de las mujeres en la reurbanización de Villa 20: las dificultades que atravesaron para participar del proceso*. *Quid* 16 (15), 66-90.
- Goldsmith, Mary (1998). *Nadando en aguas revueltas*, en Bartra, Eli (Comp). Debates en torno a una metodología feminista (pp.35-62). Programa Universitario de Estudios de Género. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Harding, Sandra. (1987) *¿Existe un método feminista?*, en Bartra, Eli (Comp). Debates en torno a una metodología feminista (pp. 9-34). Programa Universitario de Estudios de Género. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Hernández, Rosalva (2001) *Entre el etnocentrismo feminista y el esencialismo étnico*. Las mujeres indígenas y sus demandas de género. En Espinosa, Yuderkys, Gómez, Diana y Ochoa, Karina (Eds.) *Tejiendo de otro modo: feminismo, epistemología y apuestas descoloniales en Abya Yala* (pp. 279-293).
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc- grawhill.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2016). *Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (EN- DIREH)* del municipio de Puebla.
- Lezama, José Luis (1993). *Teoría social, espacio y ciudad* (2a ed). El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano.
- Lugones, María (2008). *Debates sobre colonialidad del género y (hetero) patriarcado*, en Espinosa, Yuderkys, Gómez, Diana y Ochoa, Karina (Eds.) *Tejiendo de otro modo: feminismo, epistemología y apuestas descoloniales en Abya Yala* (pp. 57-73).
- Mendoza, Breny, (2014) *La epistemología del sur, la colonialidad de género y el feminismo latinoamericano*. En Espinosa, Yuder- kys, Gómez,

- Diana y Ochoa, Karina (Eds.) Tejiendo de otro modo: feminismo, epistemología y apuestas descoloniales en Abya Yala (pp. 91-103).
- Mendoza, Breny (2016). La colonialidad del género y poder: de la post-colonialidad a la decolonialidad. En *The Oxford Handbook of Feminist Theory* (pp. 1-32).
- Molyneaux, Maxine (1985). *Mobilization without Emancipation? Women's interests, the state and revolution in Nicaragua*. *Feminist Studies*, 11 (2), 227-254.
- Morín, Edgar, (2004). La epistemología de la complejidad. *Gazeta de Antropología*, 20. Disponible en: https://www.ugr.es/~pwlac/G20_02Edgar_Morin.pdf
- Morín, Edgar. (2007) *Introducción al pensamiento complejo*. Editorial Gedisa. España.
- Moser, Caroline O. (1998). *The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies*. *World Development*, 26 (1), 1-19.
- Moser, Caroline O. (2020). *From gender planning to gender transformation: positionality, theory and practice in cities of the global South*. *International Development Planning Review*, pp. 205-229.
- Muxí, Zaida, Casanovas, Roser, Ciocchetto, Adriana, Fonseca, Marta y Gutiérrez Blanca, (2011). *¿Qué aporta la perspectiva de género al urbanismo?* *Feminismo/s* 17, 105-129.
- Muxí, Zaida, (2018). *Mujeres, casas y ciudades. Más allá del umbral*. Barcelona: DPR-Barcelona.
- Muxí, Zaida (2022). Ciudad próxima. *Urbanismo sin género, en Muxí (Coord.) Antología de pensamientos feministas para la arquitectura* (pp. 305-316). Universidad Politécnica de Cataluña.
- Navas, Gabriela (2018). *La vida urbana como derecho a la ciudad*. En Navas, Gabriela y Makhoul, Muna (Coord.) (2018). *Apropiaciones de la ciudad. Género y producción urbana. La reivindicación del derecho a la ciudad como práctica espacial* (pp. 27-45). Pollen. Barcelona.
- Ochoa, Karina (2014). *El debate sobre las y los amerindios: entre el discurso de la bestialización, la feminización y la racialización*. *El Cotidiano*, núm. 184, 13-22.

- Ortiz, Sara (2014). *Espacio público, género e (in)seguridad*. En Cortés, Carmen (Coord.) Jornadas urbanismo y género. Ciudad en construcción (pp. 48-67). Málaga. Collectiu Punt 6.
- Quijano, A., (2012) “*Bien vivir*”: entre el “desarrollo” y la des/colonialidad del poder. VIENTO SUR Número 122/Mayo 2012, 46-56.
- Quijano, A. (2013) Conferencia magistral impartida por Aníbal Quijano. Contextualizaciones Latinamericanas, 2 (5), número 8, enero-junio, 2013, 1-6.
- Rodó-de-Zárate, María (2018). *Hogares, cuerpos y emociones para una concepción feminista del derecho a la ciudad*. En Navas, Gabriela y Makhlof, Muna (Coord.) Apropiaciones de la ciudad. Género y producción urbana. La reivindicación del derecho a la ciudad como práctica espacial (pp. 47-73). Pollen. Barcelona.
- Sabaté, Ana, Rodríguez, Juana y Díaz, María Ángeles (1995). *Mujeres, espacio y sociedad*. Hacia una geografía del género. Editorial Síntesis S.A. Madrid, España.
- Segato, R., (2010) *Género y colonialidad*: en busca de claves de lectura y de un vocabulario estratégico descolonial. En La cuestión descolonial. Lima: Universidad Ricardo Palma- Cátedra América Latina y la Colonialidad del poder.
- Segato, R., (2011). Colonialidad y patriarcado moderno: expansión del frente estatal, modernización y la vida de las mujeres (pp. 75-90). En Espinosa, Yuderkys, Gómez, Diana y Ochoa, Karina (Eds.) Tejiendo de otro modo: feminismo, epistemología y apuestas descoloniales en Abya Yala.
- Schteingart, M., Aguilar, G., & Ortiz, L. (2011). *Género, pobreza y ciudad*. En *Género en contextos de pobreza* (pp. 121-149). Tarrés, María Luisa, (1989), en Trabajo, poder y Sexualidad (pp. 197-218). El Colegio de México.
- Valdivia, Blanca., (2020) La penalización del cuidado en la ciudad capitalista y patriarcal. En *Crítica Urbana, Revista de Estudios Urbanos y Territoriales*. Vol. III (11), 15-18. [Enlace a documento: http://criticaurbana.com/wp-content/uploads/2020/03/CU11.-Completa_-Mujeres-y-ciudad.pdf]
- Varley, Ann y Blasco, Maribel (2000). *Gender and Property in Mexico's colonias populares*. University College London. Department of Geography.

Varley, Ann., (2007). *Gender and property formalization: conventional and alternative approaches*. *World Development*, 35(10), 1739-1753.

Zemelman, Hugo (2010). *Sujeto y subjetividad: la problemática de las alternativas como construcción posible*. Polis. Zemelman, Hugo (2005) *Sujeto: existencia y potencia* (pp. 39-62). Barcelona, Anthropos-IPECAL.

Notas

i En la visión clásica de generar conocimiento “*cuando una contradicción aparecía en un razonamiento, era una señal de error*”, es decir se debía volver a analizar a partir de eliminarlo (Morín, 2007:100).

El río de mangueras y los discursos convenientes de la memoria en la sobreextracción del agua. Tetela del Volcán, Morelos.

Diana Laura Yáñez Reyes^{1}*

Resumen

El objetivo de este texto es contribuir a las actuales reflexiones sobre las consecuencias que ha tenido el uso desmedido y desregularizado del agua, sobre todo en espacios que hasta antes de 1980 habían permanecido relativamente alejados a los procesos de los mercados. Uno de estos espacios es el municipio de Tetela del Volcán, donde los sujetos se han dado a la tarea de generar discursos convenientes en torno a su memoria, resignificando la propiedad de las tierras y, con ello, generando un derecho sobre el uso del agua; esto último, ha afectado considerablemente al cauce del río Amatzinac y a las comunidades cuenca abajo.

La memoria como elemento que articula subjetividades y prácticas, en este caso, permite la recuperación de los momentos y coyunturas más sobresalientes acerca de dicha resignificación, sobre todo, en un espacio que transitó de las siembras para la autosubsistencia al desarrollo de extensos monocultivos de aguacate; y sobre el cual, los sujetos hoy conviven entre diversos malestares y constantes disputas a causa de la concentración de los flujos de agua, pues desde la década de los ochenta del siglo pasado, se han implementado múltiples sistemas de captación y traslado de agua a través de cientos de mangueras de plástico que han provocado el reemplazo del cauce por un “río de mangueras”.

Como resultado de este texto, se ponen a la vista algunas de las bases subjetivas que incitan a la generación de reflexiones sobre los procesos de resignificación y uso del agua, fundamentalmente sobre la importancia de la historicidad y de trabajar mano a mano con los sujetos

1 Maestra en Territorio, Turismo y Patrimonio por el Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades “Alfonso Vélaz Pliego” de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Esta publicación se basa en los resultados de la tesis titulada: Una aproximación a la relación sociohídrica en torno al río Amatzinac, desde la memoria colectiva de los comuneros y ejidatarios de Tetela del Volcán (1980-2020).

* Autor de correspondencia. yareydl@hotmail.com

inmersos en los actuales procesos que lidera el sistema capitalista, para con ello, sensibilizar hacia la cohesión social y la importancia de preservar los ecosistemas de los cuales subsistimos¹

Palabras clave: agua, memoria, resignificación, sociedad

Introducción

La relación entre la sociedad y la naturaleza ha sufrido diversas transformaciones y resignificaciones en diferentes momentos históricos y bajo distintas condiciones multidimensionales. Estas prácticas convergen hoy en torno al uso desmedido de la naturaleza, la cual, de ser generadora y sustento de la vida, ha sido convertida en un objeto de mercantilización. Estos quiebres y giros han provocado cambios de manera trascendental en la reorganización social, en las formas de reapropiación material y en la misma memoria (Yañez y Galicia, 2020).

Al respecto, la memoria como una matriz cosmogónica y como marco de referencia de las relaciones sociales, contiene las formas en que los sujetos conviven y representan a la naturaleza cotidianamente, por lo que constituye un sistema desde el cual, los sujetos resignifican, describen y reelaboran la relación con el uso y distribución del de los recursos naturales, entre ellos el agua (Yañez, 2017). Desde la memoria, los sujetos pueden definir, ordenar y proyectar la relación, plasmando: necesidades, intereses individuales y colectivos como también distintas subjetividades (Kuri, 2017).

Un ejemplo del cómo se transforma la relación entre el hombre y la naturaleza se puede observar en el río Amatzinac, en Tetela del Volcán, Morelos. En este sitio el uso desmedido y desregularizado del agua y los discursos convenientes que los sujetos han realizado sobre la memoria han dado como resultado el uso exacerbado de la naturaleza, a la consolidación de nociones particulares acerca de la propiedad de las tierras y el derecho en torno a la explotación del agua.

En efecto, la concentración de los flujos de agua a través de la implementación de sistemas de captación y traslado mediante mangueras de plástico ha propiciado que las localidades convivan entre diversos malestares y constantes disputas ante el acelerado y notable deterioro del río.

Referente a lo anterior, el uso y la distribución del agua, en la zona de mayor proximidad al nacimiento del cauce del río Amatzinac, se aceleró

y resignificó notablemente a partir de la década de los años ochenta del siglo XX, por los cambios macroestructurales en la política y economía mexicana (Ramírez, 2020), dados por las dinámicas de la globalización y el neoliberalismo, que a nivel local impactaron en aspectos como: la transformación de los usos de los suelos y la exacerbación y control del mercado sobre los bienes naturales.

En el estado de Morelos, en específico en los municipios de Tetela del Volcán y Hueyapan, el gobierno de Lauro Ortega (1982-1988) selló un nuevo rumbo hacia la reapropiación y redistribución del agua, mediante el impulso a la agricultura de mercado (Yañez, 2022). Mientras Lauro Ortega encabezaba la gestión estatal, el país era presidido por Miguel de la Madrid, cuya gestión se caracterizó por la exacerbación de las políticas neoliberales y el cierre del ciclo de la intervención paternalista en la economía de los regímenes posrevolucionarios, estableciendo redirigir el desarrollo al colocar al mercado como el principal regulador de la economía mexicana, adelgazando la participación del Estado y apoyando los procesos de transformación y la expansión de las lógicas capitalistas y la economía de mercado, principalmente, sobre espacios que antes habían permanecido relativamente alejados a estas dinámicas.

Con las transformaciones políticas y económicas, esta lógica propició el impulso de una serie de factores que llevaron a una gradual pero impactante modificación de las relaciones e interacciones entre los sujetos y la naturaleza, en especial con el agua. Esto se reflejó en localidades como Tetela del Volcán, a través de las reorganizaciones físicas y subjetivas para favorecer la concentración, redistribución y el aprovechamiento del agua; pero al mismo tiempo estas acciones contribuyeron a reafirmar las históricas fallas en los modelos de conceptualización y articulación entre los sujetos y la naturaleza (Sotolongo y Delgado, 2006), al adoptar y reproducir ideas disyuntivas y segregativas sobre el agua y la tierra, como elementos separados y externos al ser humano.

En esta tónica, los sujetos de Tetela del Volcán al reorientar la interacción con el agua, la tierra y la memoria, resignificaron marcos normativos y prácticos, comenzando con ello a experimentar diferentes cambios en las relaciones internas y con respecto a otras localidades e instituciones, debido al fomento e incremento de sus cultivos y a la mercantilización de los ejidos y las tierras de uso común, así como también a la concentración y reapropiación de los medios de acceso y redistribución del agua (Yañez, 2022). De este modo, se generaron nuevas coordinaciones en torno al trabajo colectivo, el cual, les permite acaparar los principales escurrimientos y manantiales del río Amatzinac, bajo la “noción subjetiva” y el “derecho

histórico” que reafirman sobre la propiedad y dominio de la naturaleza; afectando en este proceso a las localidades cuenca abajo, pues los sujetos de Tetela del Volcán junto con los pueblos próximos al nacimiento del río, además de concentrar el uso y la redistribución del agua, fragmentan las pasadas cohesiones a nivel regional, generado desde el uso conveniente de la memoria, la adopción de ciertas coyunturas históricas para sustentar la apropiación de los medios de acceso y redistribución del agua, sin considerar las contradicciones que de ellas derivan, como el uso desmedido de la naturaleza, las afectaciones al ecosistema y el olvido o remplazo de los valores ancestrales en torno a una mejor convivencia entre la sociedad y el espacio natural (Yañez, 2022).

Asimismo, el agua como elemento de orden material y como objeto de orden social (Velasco, 2017), ha llevado, en las últimas décadas a que los sujetos reproduzcan diversas dinámicas y reestructuren espacios físicos y sociales, ya que la relación con el agua no sólo es producto de los cúmulos históricos de las visiones pasadas, sino además de la originalidad de los momentos en que los sujetos recuperan y reestructuran la memoria; sobre todo, en torno a los acuerdos, normas, prácticas y redistribuciones, las cuales en la actualidad recogen ideologías externas y articulan la fragmentación y los conflictos por el acceso y la redistribución de la naturaleza.

Por ello, el objetivo de este texto son los discursos convenientes que los sujetos de Tetela del Volcán han realizado desde la memoria, referente con la relación sociedad y naturaleza, identificando los momentos y las principales coyunturas históricas de las transformaciones y las rupturas. Para reflexionar, con ello, sobre las consecuencias que ha tenido el uso desmedido y desregularizado del agua sobre un espacio que, en el pasado, requirió de la organización y cohesión colectiva de las localidades y que hoy se externaliza en constantes malestares y disputas ante el acelerado y notable deterioro del río Amatzinac.

El cauce del río Amatzinac como elemento configurador de las dinámicas socioterritoriales

Los procesos de reapropiación físicos y subjetivos que los sujetos de Tetela del Volcán se han dado a la tarea de realizar en torno al uso del agua del río Amatzinac, muestran los sentidos políticos, ideológicos y económicos que han sido permeados por lógicas extractivistas (Yañez, 2022).

En lo que respecta a la consideración de la naturaleza como una simple materia de acumulación, la redistribución del agua ha propiciado fuertes



Figura 1.- Ubicación de Tetela del Volcán. Elaboración propia con base en el Marco Geoestadístico del INEGI, 2020

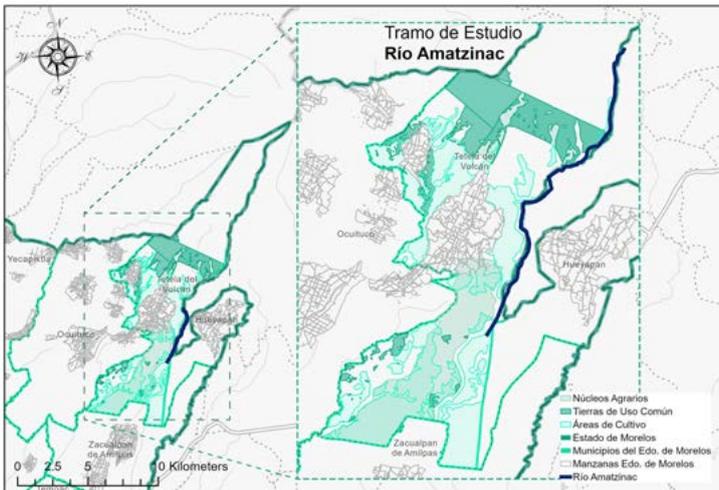


Figura 2.- Ubicación del río Amatzinac. Elaboración propia con base en el Marco Geoestadístico del INEGI, 2020

transformaciones en la memoria, las cuales reflejan la reestructuración de los espacios, conformando un escenario de análisis y reflexión sobre las rearticulaciones sociales, territoriales y ambientales, que traen consigo la llegada y apabullante dominio del neoliberalismo sobre localidades que permanecían relativamente alejadas.

Al respecto, cabe situar que el cauce de río Amatzinac está ubicado en la región oriente del estado de Morelos (Figuras 1 y 2) y surge de los escurrimientos de agua causados por los deshielos del volcán Popocatepetl. Este cauce que forma parte de la subcuenca tributaria del río Nexapa o Atoyac, que a su vez alimenta a la gran cuenca del río Balsas, significa etimológicamente; *“pequeño río de papel”* o *“lugar donde una pequeña corriente de agua se divide en brazos”* (CONAGUA, 2009); sin embargo, es más bien de carácter dendrítico, es decir que se encuentra conformado por un patrón de afluentes primarios y secundarios que se unen hacia un cauce central (Yañez, 2002).

Anteriormente, el Amatzinac recorría entre 44 y 60 km entre los municipios de Tetela del Volcán, Hueyapan, Zacualpan de Amilpas, Temoac, Jantetelco, Jonacatepec y Axochiapan; pues tenía una altitud de 4 400 a 1 100 msnm. Sin embargo, en la actualidad, el escaso flujo de agua se encuentra ausente la mayor parte del año y sólo vuelve en la temporada de lluvias, donde el agua que corre cuenca abajo es aprovechada para cinco presas que son: Barreto, Abrevadero, Socavones, Amilcingo y Jantetelco, con las cuales subsisten las localidades de Temoac, Jantetelco, Jonacatepec y Axochiapan.

Como parte del sistema natural, el volcán Popocatepetl además de permitir a las comunidades el abasto de agua, es un elemento que ha caracterizado a la región, tanto cultural como socioeconómicamente, ya que propicia tierras de alta fertilidad, ricas en minerales. Al respecto, el río Amatzinac se encuentra dentro de la subprovincia de lagos y volcanes del Anáhuac que consta de sierras volcánicas y grandes aparatos individuales alternados con llanuras, caracterizado por relieves montañosos, lomeríos, piedemontes, laderas y planicies aluviales, siendo con ello un afluente de difícil acceso, sobre todo en la parte naciente del cauce (Yañez, 2002).

Debido a las condiciones de difícil accesibilidad, el río ha sido objeto de distintas reconfiguraciones y reacondicionamientos, sobre todo en la parte alta de la cuenca, para lo cual, los sujetos han implementado diversas maneras de adaptación, ya que la zona no es apta para simples derivaciones, han desarrollado prácticas que incluyen la reorganización del trabajo colectivo y con ello el establecimiento de tomas directas sobre

los escurrimientos y nacimientos del agua, a partir de la construcción de cajas de concreto y la colocación de mangueras de pvc, conformando sistemas que causan fuertes inversiones, pues difícilmente cada manguera podría sustentarse de forma individual, por lo que los sujetos se han congregado en torno a diferentes agrupaciones de acuerdo con las capacidades económicas de los mismos, aliándose entre familiares, amigos, compadres y vecinos para colocar y mantener cada uno de los sistemas de mangueras, los cuales les permiten desplazar el agua del río hacia las tierras de cultivos, que generalmente se encuentran en las zonas ejidales de las localidades. Pese a la gran organización colectiva, una vez que el agua alcanza los cultivos, las prácticas como el riego, la producción y venta se tornan individuales (Yañez y Galicia, 2022). Al respecto, un poblador de la localidad expresa lo siguiente:

El río lo dejaban correr, no era beneficiario Tetela, el beneficio era para los pueblos de allá abajo, Tlacotepec, Zacualpan, porque cuando empezaron a agarrar el agua de aquí hasta se enojaron esas personas porque ya nos les llegabaⁱⁱ.

Sobre la concentración y redistribución del agua, cabe mencionar que no existen regulaciones, ni acuerdos escritos o leyes que apoyen dichas prácticas; los acuerdos son de carácter consuetudinario y hacen referencia a diferentes momentos históricos con respecto a las delimitaciones subjetivas y, posteriormente, materializadas sobre los límites en los cuales cada localidad puede llevar a cabo la concentración y redistribución del agua. La colocación de las cajas y las mangueras precisan que la toma de agua se encuentre a una mayor altitud que las tierras de destino, lo cual les permite derivar el agua por gravedad sin tener que usar bombeo u otras tecnologías.



Figura 3.- Zona próxima al nacimiento del cauce del río Amatzinac. Foto de Diana Laura Yañez Reyes, Julio 2021.

De acuerdo con López (1972) esta práctica comenzó durante la década de los 60's. Sin embargo, con el aumento y la presión del mercado a partir de 1980 se exacerban de manera irregular, propiciando que los su-

jetos de la parte alta de la cuenca comiencen a colocar cajas y derivaciones cada vez más próximas al nacimiento del río, impidiendo la continuidad del flujo natural del cauce, lo que con el tiempo ha causado malestar y conflictos con los sujetos cuenca abajo, ya que han sido obligados a sustituir sus actividades agrícolas a causa de la falta de agua y en otros casos se han visto en la necesidad de migrar.

Rivaud Delgado (2013) menciona que

“cuando uno recorre la barranca del Amatzinac difícilmente puede imaginarse que ese hilo de agua fue alguna vez un río capaz de arrastrar árboles en sus crecidas. Los habitantes recuerdan entre risas que hace unas décadas la mejor estrategia para cruzarlo sin ser arrastrados por la corriente era agarrarse de la cola de los bueyes que tiraban las yuntas” (p.1).

Al respecto, Schmitd (1997) comentaba ya desde 1990 las problemáticas que hoy apremian (ver figura 3), las cuales conllevan un aspecto social y organizativo que equivocadamente son el resultado de pensar a la naturaleza como un valor material, gestando y exacerbando una racionalidad económica que supone una incesante explotación de la tierra y el agua. Donde *“la reacción a ese nuevo estado de cosas no ha sido un abandono resignado de los viejos valores, sino más bien una loca sobredeterminación, es decir, una exacerbación de los valores de referencia, de función, de finalidad, de causalidad ...”* (Leff, 2005, p. 92).

El rol de la memoria en el uso del agua de la parte alta del río Amatzinac, un elemento configurador de las praxis predatorias

Sobre la memoria, existen varias formas en que se ha concebido y analizado; desde la antropología social se ha pensado en tres aspectos: 1) como tradición heredada, 2) fuente de la historia y 3) uso estratégico del pasado. Como fuente de la historia y estrategia del pasado, la memoria contiene un alto grado de complejidad debido a que los sujetos explican la memoria desde una permanente ‘inmersión’ en ella y además incluyendo información adicional del momento en que se intenta expresar (Ramos, 2011).

De acuerdo con Yañez y Galicia (2022) las premisas que subyacen a las figuras de almacenamiento y a la concepción de los recuerdos, permiten revivir los acontecimientos, pero en una originalidad única que articula el pasado y el presente de la interacción entre los sujetos y el agua. En torno a esta originalidad, la memoria es parte fundamental de los marcos sociales de interpretación y resignificación que estructuran gran parte de la

comunicación y del pensamiento, por lo que, metodológicamente, resulta esencial para conocer y entender las praxis a través de las experiencias e imágenes de los sujetos, pues permite distinguir la relación con dos elementos: el tiempo y el espacio.

Al respecto, autores como Lefebvre, Harvey y Bourdieu coinciden en que el espacio es más que "...un mero receptáculo o telón de fondo de acontecimientos históricos, políticos y sociales, sino como un proceso abierto fruto de las relaciones sociales de diverso cuño que, a su vez, condiciona los lazos sociales. Bajo este ángulo, el espacio adquiere una importancia crucial que debe ser atendida en aras de dilucidar la relación de mutua influencia entre él y la sociedad" (Kuri, 2017, p. 16).

De acuerdo con Ramos (2011) estos elementos involucrados en los recuerdos adquieren sentidos específicos que el grupo imprime conforme a sus necesidades, subjetividades, relaciones y dinámicas, pues la memoria es un vehículo a través del cual se puede conocer un lenguaje, así como las praxis y representaciones que plasman los sujetos en torno a la reorganización de los espacios y el tiempo. Asimismo, la transferencia de la memoria conlleva intensidades diferenciales, ya que se experimentan mayores valoraciones hacia ciertos elementos, pues cada sociedad construye su memoria desde formas particulares, dependiendo de un conjunto de variables: políticas, sociales, ambientales y culturales. Al hacerlo, implícitamente surgen maneras específicas de concebir y de relacionarse (Yañez, 2022).

Es imprescindible que al analizar la memoria que comparte un grupo en específico se considere la interacción con los procesos de dominio ideológico y de carácter hegemónico, ya que, en suma, constituyen elementos que coadyuban a la fragmentación de la relación de los sujetos con el agua. Además de las resignificaciones y de los cambios, la rememoración del pasado puede incluir sentimientos de pertenencia, identidad y resistencia, que de igual manera han quedado grabados en los marcos de referencias como también en los espacios físicos, cuyas resignificaciones pueden salir a flote incluso dentro de los acuerdos y normativas con lo que los sujetos reconstruyen y consolidan los actuales discursos sobre la "*noción de propiedad*" y "*derecho histórico*" sobre la naturaleza. De tal manera que la memoria como herramienta metodológica además de proveer un panorama de la coevolución de las técnicas, el trabajo y la reorganización social, resulta un elemento clave para entender la reconfiguración del territorio y la reorganización social.

La relación sociohídrica desde la historia regional del río Amatzinac

La importancia sociohistórica sobre el uso del agua del río Amatzinac se hace presente a lo largo de la historia regional y en especial en ciertos contextos; por ejemplo, coyunturas particulares con las cuales reconfiguran la memoria, algunas más relevantes y de mayor impacto que otras, pero con una gran influencia dentro de los acervos de conocimiento compartido, desde los cuales se puede dilucidar acerca de los elementos que sustentan las transformaciones en torno al río Amatzinac; por ejemplo, la “noción de propiedad” y el “derecho histórico” sobre el uso de la naturaleza.

La “noción de propiedad” entendida para este texto, como aquella relación por la cual los sujetos legitiman, poseen, usan y disponen determinados objetos, siendo, a su vez, el “derecho histórico” lo que reconoce y ampara dichas prácticas. En este caso ambos han sido reconstruidos desde la interacción sociohistórica y regional con el agua y acerca de las prácticas de lucha y resistencia, así como del uso y la redistribución, elementos en resguardo dentro de la memoria colectiva de los sujetos, en particular de Tetela del Volcán.

Sobre la reconfiguración sociohistórica, inicialmente Armillas (1948) señala que la concentración de los regadíos hacia la cuenca media y alta no tiene paralelo con el resto del río Balsas, ya que una de las características en Mesoamérica era el aprovechamiento del agua de origen local (arroyos, manantiales y pozos). Este autor indica, además, que los sujetos debieron afrontar problemas de gran trascendencia debido a las condiciones físicas que, por otro lado, potencializaron la organización y el trabajo colectivo.

Las redes de canales y los apantles, así como la gran disponibilidad de agua fueron los elementos que atrajeron a los españoles durante el siglo XVI, quienes instauraron gradualmente cultivos de trigo y caña de azúcar mediante el usufruto de las tierras y el agua, a través del dominio religioso y cultural que consolidaron. Armillas (1948) cita la primera impresión de Cortés en su paso por la región: “todo este valle se riega por muy buenas acequias que tienen muy bien sacadas y concertadas” (s/p.) y menciona que con el dominio español se impulsó un nuevo orden político y social que significó importantes cambios en torno a la propiedad de la tierra y a las relaciones de poder.

Asimismo, la importancia del río Amatzinac durante el siglo XVII se destaca en uno de los estudios que ordenó el rey Felipe V sobre la situación de la Nueva España, incluyendo el “caudaloso río del Amatzinac”

con el fin de acrecentar la producción de azúcar en la región oriente del Estado de Morelos. Empero, por aquella época la población indígena comenzaba a recuperarse de la invasión, exigiendo el acceso a sus tierras y al sistema hídrico (Meza, 2004). Sin embargo, no hubo cambio alguno, ya que incluso tras la guerra de Independencia a inicios del siglo XVIII las haciendas continuaban la producción de caña de azúcar perpetuando el dominio sobre las tierras y el agua.

No obstante, hacia mediados del siglo XVIII las haciendas comenzaron a perder capital y liquidez a través de los obstáculos que comenzaban a enfrentar para la comercialización, debido a la inestabilidad social que propiciaba bandolerismo, motines, rebeliones e ineficiencias en los transportes ferroviarios. Por otro lado, la concentración de agua aún les permitía disponer de casi todo el líquido; con esto, reforzaban el control sobre los pueblos, ya que ante la falta de tierra y agua los sujetos eran dependientes del trabajo que las haciendas otorgaban (Yáñez y Galicia, 2022).

Para 1900, los habitantes “originarios” seguían sin tierras y apenas tenían acceso al agua, de ahí que la Revolución Mexicana tomó bastante fuerza en la región, incluso la localidad de Tetela del volcán se unió a la lucha sirviendo de cuartel y permitiendo que la barranca del Amatzinac sirviera a los revolucionarios como escondite. Al respecto, Meza (2004) refiere los primeros escritos de Zapata en un memorial de 1911: “Que se dé a los pueblos lo que en su justicia merecen, en cuanto tierras, montes y aguas que ha sido el origen de la presente contrarrevolución” (p. 75). Este movimiento finalizó con la firma del Plan de Ayala donde se plantea que los terrenos, montes y el agua que hayan sido usurpados regresen a los pueblos, desconociendo las dotaciones de agua que desde 1642 habían beneficiado a las empresas particulares.

Con la recuperación, volvieron las organizaciones locales en torno a la autogestión y distribución del agua, las cuales se encargaron de distribuir por tandas los recursos hídricos. Desde 1915 los pobladores que recibieron dotaciones de tierra se transformaron gradualmente en ejidatarios y comuneros, mediante la promulgación de la ley que declaró nulas las concesiones a los latifundistas, lo que resultó en el reconocimiento histórico al derecho sobre las tierras y el agua, elementos que han servido para generar resistencia y sustentar esa “noción subjetiva” y “derecho histórico” sobre la propiedad colectiva de la naturaleza.

En Tetela del Volcán comisariados de bienes ejidales y comunales en su gestación como autoridades, se dieron a la tarea de convocar asambleas de pueblo promoviendo la organización y participación colectiva en torno

a la autogestión de los recursos naturales, esto ante la incapacidad de los ayuntamientos para resolver las necesidades locales. Con estas reestructuraciones políticas Tetela del Volcán logra conformarse como municipio en 1937.

Al respecto, Reyes (2011) refiere que con la creación del municipio, el ayuntamiento queda como figura jurídica responsable, al tiempo que los sujetos continúan resolviendo sus necesidades apoyados por los comisariados, siendo estos últimos mayormente reconocidos dentro de las estructuras de poder, ya que regulan el uso de los recursos del bosque, las tierras y el agua. En cuanto a las dotaciones de tierras para Tetela del Volcán, el ejido se otorga en 1929 con una superficie de 1 554.32 hectáreas. En el caso de las tierras de uso común el proceso fue más tarde, ya que hasta 1982 se ratifica la zona con una extensión de 1 325.60 hectáreas, entre la cual se encuentra parte de la zona naciente del río Amatzinac

Por consecuente, los comisariados de bienes comunales y ejidales bajaron conjuntamente por varias décadas hasta que se separaron mediante la construcción de las oficinas de cada entidad en la década de los años ochenta del siglo pasado, con lo cual comenzó a diluirse el poder y sus funciones; al mismo tiempo, las condiciones económicas y políticas comenzaban a favorecer al ayuntamiento (Reyes, 2011), lo cual permitió el ascenso gradual de este último como figura de autoridad y gestión; de tal forma que la percepción de ingresos y el control sobre las obras públicas los posicionó frente a las organizaciones anteriores a partir de 1992 (Yañez, 2022).

Durante este ascenso y posicionamiento del Ayuntamiento local, la década de los años ochenta constituye una de las principales coyunturas para las actividades de los sujetos, ya que se acelera la reapropiación del uso y la distribución del agua mediante los proyectos de desarrollo del gobernador Lauro Ortega, como la construcción del mercado municipal, las mejoras en las vías de comunicación, el fortalecimiento a los servicios de salud, los programas de asistencia social, la recuperación de tierras para el uso común y la introducción de otras variedades de cultivos con mayor rentabilidad, así como la apertura de los canales para su comercialización (Guzmán y Quintero, 2017). Sobre ello, uno de los pobladores menciona:

No había carretera para llegar al Salto, y él [Lauro Ortega], en su gobierno se construyó toda esa carretera que llega hasta el Salto. Entonces, teniendo esa carretera pues te imaginas, los terrenos se empezaron a acaparar, los comuneros, sus terrenos; si a mí me decían me invitaba una persona, no, vamos, horita están dando

terreno allá, pero pues como yo trabajaba en la escuela no podía dedicarme a eso, entonces no. Pero mucha gente acaparó, quién sabe cómo le hizo, por ejemplo, el profe Dagoberto tiene allá un terrenazo y hasta construyó un centro turístico o no sé qué hace, con lanchas. Y otras personas que sembraron frutas, ¿sabes cómo le hacían? Nomás llegabas y este me gusta y empezabas a marcar, a hacer brechas y así, y ya después ibas con el comisariado y que quiero este terreno y ya te hacía tus papeles y todo, veía que no fuera de nadie y ya, así fácil te daban terrenoⁱⁱⁱ.

En el fragmento de relato citado líneas arriba, se pueden apreciar los proyectos colaterales del mercado como regulador de la economía y los indicios del posterior desarrollo del municipio que iniciaron con los procesos de acaparamiento de las tierras, el cambio en el uso de los suelos y la modificación los cultivos tradicionales llevados a cabo sobre tierras de poca extensión; esto propició el paso de la extensión de los cultivos de riego y la priorización de monocultivos mayormente redituables.

Acerca de estas prácticas, López (1972) menciona que, por años, la zona alta de la cuenca fue la más desprovista y abandonada por el estado, dadas las condiciones de accesibilidad que imposibilitaban el apoyo y el desarrollo de una agricultura próspera, por lo cual, en 1980 esta zona se encontraba con un gran retraso económico y social a diferencia de la parte media y baja de la cuenca que contaban con mejor accesibilidad a la agricultura de riego. Por ello, una vez que los sujetos encontraron los medios para resolver y mejorar sus condiciones, difícilmente volverían atrás, por lo que el control y el auge en torno la redistribución del agua se fortalecería durante este periodo, sustentado la “noción histórica” sobre la propiedad del agua, aumentando con ello, los sistemas de mangueras y la agricultura comercial, que generaron en Tetela del Volcán una nueva dinámica socioeconómica, caracterizada por el creciente predominio de los intereses particulares sobre las tierras comunales, ejidales y el agua del río Amatzinac (Yañez y Galicia, 2022).

A través de los preceptos de resistencia que desde el periodo de la revolución mexicana se tornan hacia la apropiación del lema: “*la tierra es de quien la trabaja*” (Meza, 2004) y que junto con el impulso en la década de los años ochenta del siglo XX coadyuban a reafirmar el actual control y aprovechamiento del agua del río Amatzinac. En los relatos de los comuneros permanece lo que en algún momento comentó Lauro Ortega:

Una vez se le hizo una pregunta al gobernador si no podíamos subir agua del río y él la respuesta que nos dio, pues, no nos dijo

una mala palabra, pero de verdad nos dijo que cómo siendo la vaca de nosotros y otros pueblos la estaban ordeñando, entonces nos dijo: ¡se han atontado! Súbanla lo más rápido que se pueda, pus nomás escuchamos una vez y ya se empezaron a organizar algunos grupos y se empezó a subir esa agua del río, y eso es lo que vino a alzar al municipio, porque la mayoría de los campesinos, pus, todos pusieron sus huertas y ves ora Tetela ha cambiado mucho, gracias a Dios trabajando, y las huertas que pus sí se produce algo de fruta.

No obstante, con la reapropiación, los conflictos regionales se hicieron presentes, exacerbándose a comienzos del siglo XXI diversas disputas e inconformidades entre los pueblos cuenca abajo contra la zona alta, ante lo cual, la asamblea de pueblo en Tetela del Volcán ha resurgido como un organismo de defensa, mediado por los comisariados de bienes ejidales y comunales que intentan abrir el diálogo ante la reavivación de los conflictos, sin perder el dominio logrado y haciendo alusión a la memoria en cuanto a las “nociones de propiedad” y “derecho histórico”.

El uso excesivo del agua ha causado que con el tiempo se desdibujen los límites territoriales y acuerdos entre las localidades próximas al nacimiento del cauce, por lo que en la actualidad surgen conflictos internos, ya que los acuerdos tomados en el pasado se vuelven obsoletos en la medida en que crece el acaparamiento del agua; un ejemplo es la delimitación entre Tetela del Volcán y Hueyapan. Anteriormente, se había establecido que el lado izquierdo al cauce pertenecía a Hueyapan, mientras que el derecho a Tetela del Volcán, junto con los afluentes y demás recursos; sin embargo, la disminución del cauce ha dado como resultado que los habitantes de cada pueblo busquen el uso fuera del acuerdo (Yañez y Galicia 2022).

Por consiguiente, la Ley de Aguas Nacionales enuncia que estas son de orden público e interés social y tienen como objeto el uso y la distribución de manera sustentable. Las disposiciones son aplicables a todas las aguas nacionales y se asigna mediante concesiones a través de los organismos de cuenca correspondientes. Sin embargo, la mayoría de los sujetos de Tetela del Volcán desconocen dicha ley y pese a que hacen uso del agua no buscan ni cuentan con concesiones, afirmando que el agua es su propiedad, con lo cual se puede dilucidar que, si bien el agua es de todos, el uso y la distribución se ha tornado inequitativa.

La resistencia y lucha por mantener el control sobre el acceso y distribución de agua del río Amatzinac, se sustenta también en la autogestión y resolución de las necesidades que han sido realizadas por los mismos su-

jetos (ver figura 4), ante la ausencia de los organismos correspondientes que deben regular el uso y distribución del líquido para propiciar el acceso justo y disminuir con ello los diferentes conflictos entre los sujetos de la cuenca.

Las huellas físicas de la transformación sobre el río Amatzinac.

Las rupturas y los cambios en las relaciones entre la sociedad y la naturaleza, que desde hace décadas se han agravado, son evidentes en diversos lugares; entre ellos, el que corresponde al río Amatzinac, sobre todo en la parte naciente de su cauce, por lo cual, la recolección de material visual se vuelve imprescindible e interesante como parte de la comprensión y reflexión, pues expone los procesos de resignificación y readaptación que se han abordado en los apartados anteriores y que sirven para apreciar la gran magnitud del fenómeno.



Figura 4.- Caja de concreto con conexión de mangueras. Foto de Diana Laura Yañez Reyes, 2020.

En las imágenes siguientes (ver figuras; 5, 6 y 7) se pueden apreciar las prácticas de uso y redistribución del agua, las cuales, desde una óptica analítica muestran el desarrollo temporal y espacial de la reorganización, tecnificación, trabajo, relaciones de poder y dominio, que con el tiempo dejan huellas físicas sobre la desvinculación entre los sujetos y la naturaleza. Desvinculación que, además, se puede considerar desde tres aspectos:

1) en la reproducción de las bases materiales a través de la readaptación, resignificación y tecnificación; 2) en la reorganización social y consolidación de una memoria colectiva con acuerdos y normativas; 3) en el proceso de reapropiación subjetiva y material que corresponde a la coyuntura de la década de los años ochenta del siglo XX.

Conforme a ello, la exacerbación e impronta de las políticas neoliberales se hacen presentes en esta materialidad a través de las expresiones físicas que dejan el uso excesivo, y devastador de la naturaleza, expresado en los cientos de mangueras (con el tiempo han ido en aumento y han trazado las rutas de traslado más viables para los sujetos), y que han dilu-



Figura 5.- El cauce del río Amatzinac invadido por mangueras. Foto de Diana Laura Yáñez Reyes, 2021.



Figura 6.- Sistemas de mangueras. Foto de Diana Laura Yáñez Rey, 2019.

cionado una gran paradoja sobre la importancia del agua para la economía y cómo esta sobrepasa las posibilidades y la conciencia de preservación de los ecosistemas, pues en cuanto el río Amatzinac se encontrara en mejores condiciones, podría ser proclive al desarrollo mayor de bienes naturales potencialmente aprovechables.

Al aumento de los sistemas de mangueras y las readaptaciones físicas y sociales converge la memoria colectiva, pues de acuerdo con los sujetos,



Figura 7.- Las mangueras en las alturas de la barranca del Amatzinac. Foto de Diana Laura Yáñez Reyes, 2020.

es a través de esta que despliegan las trayectorias, estrategias, intereses, conocimientos y vínculos dentro de la consolidación de la “noción de propiedad” y el “derecho histórico” sobre el agua. En las imágenes se pueden apreciar las actividades que resultan de la rearticulación social e histórica del espacio y resaltan las acciones permanentes y transformadoras, para las cuales, los sujetos continúan resignificando el trabajo colectivo, pues, aunque el agua como elemento es ingobernable (Velasco, 2017), los medios para su uso son posibles gracias a la coordinación de los sujetos.

La reorganización social para el uso y la distribución de los recursos hídricos, en el marco global de los problemas socioterritoriales y ambientales

La gran relevancia que el río Amatzinac tiene para los habitantes de Tetela del Volcán ha sido y continúa siendo enorme, debido a que también surte el abasto de agua para uso doméstico; por ello, la reorganización involucra como actores al sistema municipal y a los comités de pueblo de cada uno de los cuatro barrios. Con relación a ello, en Tetela del Volcán fue hasta 1988 que se construyó la red de agua doméstica, la cual se abastece mediante tres manantiales: Xantamalco, La Escalera y Huilopan que forman parte del río Amatzinac.

El manantial de Xantamalco abastece un tanque de almacenamiento de 100 m³ ubicado en el barrio de San Jerónimo, con un recorrido de 8 km aproximadamente. La Escalera abastece uno con capacidad de 150

m³ en el barrio de San Miguel en un recorrido de 13 km y el de Huilopan tiene una línea de 3 km lineales que alimenta dos tanques en el paraje denominado Apatenco. Estos tres manantiales no sólo proveen a todos los barrios de la cabecera municipal, sino también a la localidad de Xochicalco. De acuerdo con Guzmán y Quintero (2012) se tiene un aproximado de 2 150 tomas para los 14 853 habitantes del municipio.

En la actualidad las condiciones socioeconómicas, los acuerdos tradicionales y las limitaciones físicas, continúan impidiendo a los sujetos de la parte alta llevar a cabo fuertes inversiones en infraestructura y tecnología; por ende, la fauna y la vegetación han sido fuertemente afectadas con la escasez del cauce y con el desmonte de bosque a las faldas del volcán Popocatepetl, pues los sujetos buscan ampliar las zonas agrícolas en las cuales predomina la producción de aguacate, que se ha convertido en la principal actividad socioeconómica de la localidad. Al respecto, en los últimos años, el aguacate ha cobrado una gran importancia a nivel internacional; se calcula que la producción mundial es de aproximadamente un poco más de 3 millones de toneladas que se distribuyen en una superficie de 407 mil hectáreas (Bazaldua y García, 2020).

Asimismo, México ha sido considerado uno de los mayores productores de aguacate. En el país se produce una tercera parte del consumo mundial (Bazaldua y García, 2020) y el estado de Morelos se encuentra entre los principales productores, del cual sólo tres municipios generan el 84% de la producción: Ocuituco (39%), Tetela del Volcán (30%) y Yecapixtla (15%). Al respecto “Tetela del volcán se distingue por su producción agrícola, ésta se asocia con sus condiciones climatológicas, ideales para producir aguacate... uno de los principales productos que generan ingresos a los productores y que viene a fortalecer la economía de la región” (Muñoz y García, 2014, p. 191).

En correspondencia a esta práctica, el problema del agua no puede entenderse si se deja de lado que los sistemas de los recursos constituidos por los volcanes (en nuestro caso el Iztaccíhuatl y Popocatepetl) están sufriendo severamente a costa del calentamiento global, la consecuencia del uso irracional de los recursos (Figura 8a y 8b) naturales para monocultivos, como también la emisión de dióxido de carbono y otros gases que han contribuido al deshielo de los glaciares.

Aunque el caso del Popocatepetl ha sido distinto, las consecuencias son similares al Iztaccíhuatl. Si bien sus glaciares se vieron afectados desde 1994 por las erupciones, con cada explosión volcánica el material incandescente y las cenizas favorecen el derretimiento o impiden la per-



Figura 8a.- Ejemplo de la sobreextracción en río Amatzinac. En la fotografía se observa el caudal del río en el año 2004. Fotografía de Magali Mencos, 2004.



Figura 8b.- Ejemplo de la sobreextracción en río Amatzinac. En la fotografía se observa el caudal del río en el año 2022. Fotografía de Diana Laura Yañez Reyes, 2022.

manencia de una gran cantidad de nieve. Asimismo, los procesos que se dan en las cortezas permiten que el magma caliente entre en contacto con los acuíferos subterráneos, lo que significa menos agua para el consumo de la población y menos disponibilidad para el riego.

De acuerdo con Morin (1990) esta configuración supone ir más allá del estudio individualizado de una sociedad, para abarcar las relaciones entre los seres vivos y el medio en el que viven, y observar cómo se configura una unidad de doble surgida de la conjunción de un biotopo (medio geofísico) y una biocenosis (interacciones entre organismos), donde la reapropiación de los medios técnicos y sociales para el uso del agua ha hecho a los sujetos de Tetela del Volcán coprotagonistas en la transformación del río Amatzinac y contribuyentes de las problemáticas globales.

Por ello, las formas de vinculación histórica entre los sujetos y el agua constituyen factores de análisis importantes en lo que respecta a las narrativas desde las cuales los sujetos soportan los procesos e intencionalidades en el uso del río Amatzinac. El estudio de las memorias puede aportar elementos de análisis para reflexionar y proponer una convivencia más equitativa entre los sujetos y la naturaleza. Sin embargo, el caso descrito muestra cómo los sujetos hacen uso de esos mismos relatos, pero en torno a la conveniencia para el uso y redistribución del agua.

Conclusión.

En conclusión, la mayor problemática del caso descrito es el uso conveniente que los sujetos realizan de la memoria en aras de un contexto que promueve aceleradas transformaciones que han sido productos del desarrollo y dominio capitalista, y que muestra los cambios y quiebres más significativos en la relación de los sujetos con la naturaleza, especialmente en espacios que se valoran por la presencia del agua. Estos cambios y transformaciones conllevan diversas reconfiguraciones físicas y subjetivas, sobre todo en las estrategias para responder a las nuevas condiciones contextuales, entre las que se hallan, por supuesto: la noción de un “derecho histórico” sobre el uso del agua.

Actualmente, los cientos de mangueras que derivan del cauce del río Amatzinac hacia las zonas productivas, constituyen huellas físicas que reflejan el entramado de las relaciones sociohistóricas entre la sociedad y el agua y su materialización espacial y temporal. Al respecto, de los momentos de mayor cambio, el gobierno de Lauro Ortega propicia la ruptura de los acuerdos y de las pasadas interacciones regionales.

Para proponer una solución a dicha problemática, vale la pena reflexionar y entender desde la historia local lo siguiente: la confluencia, negociación y consciencia de los sujetos. Éstos últimos son quienes podrían proponer soluciones a fin de mejorar la infraestructura, reorganizarse conscientemente y tecnificar sustentablemente el uso del agua del río Amatzinac, optimizando el riego y generando un trabajo colectivo con sentido de lo común, incluyendo a la naturaleza como parte de los beneficiarios y, a su vez, generando oportunidades iguales y reguladas en el acceso a la tierra y al agua. Ante esto, es fundamental el involucramiento de las autoridades y de la academia con el fin de trabajar con los sujetos, abriendo el diálogo hacia la sensibilización sobre la importancia de preservar el espacio que es la fuente material de los actuales modos de vida de los sujetos de Tetela del Volcán.

Referencias bibliográficas

- Atlas de Riesgos Naturales de Tetela del Volcán, Morelos, (2012). Gestión y Política Pública. Armillas, P. (1948). Fortalezas mexicanas. Cuadernos Americano. (5). 143-163
- Bazaldúa Muñoz, B. y García Garnica, A. (2014). Factores que limitan la posibilidad de elevar la eficiencia de las organizaciones productoras de aguacate: el caso del municipio de Tetela del Volcán, Morelos. *Entre Ciencias Diálogos en la Sociedad del Conocimiento. UAEM-IPRO. 2 (4).* 183-196.
- CEAGUA (s/a.). Formulación del plan director y del inventario de la infraestructura, integración del padrón de usuarios y de los planos parcelarios y elaboración del reglamento de las unidades de riego que se abastecen de la barranca de Amatzinac, del Estado de Morelos.
- Guzmán Gómez, E. y Guzmán Ramírez N. B. (2017). Conocimientos y adaptaciones tecnológicas en Los Altos de Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Kuri Pineda, E. (2017). La construcción de la memoria en el espacio: Una aproximación sociológica. *Península. 1 (13)* enero-junio. 9-30
- Ley Agraria (1992). Editorial Sista, México.
- Leff, Enrique. (2005). El retorno del orden simbólico: la capitalización de la naturaleza y las estrategias fatales del desarrollo sostenible en: *Racionalidad ambiental. La reapropiación social de la naturaleza. Siglo XXI Editores. México.* 88-131.
- López Méndez, S. (1982). Hueyapan: el desarrollo de una comunidad rural en la parte alta de Morelos. Tesis (Ing. Agr. Esp. Fitotecnia). Departamento de Fitotecnia Universidad de Chapingo.
- Schmitd, A. (1997). El concepto de Naturaleza en Marx. Siglo XXI Editores. México.
- Reyes Quintero, M. (s/a.). Los sistemas de usos y costumbres y del municipio libre. Voces y trazos de la cultura. *Inventio. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.*
- Ramos, A. (2011). Perspectivas antropológicas sobre la memoria en contextos de diversidad y desigualdad. *Alteridades 21 (42).* 131-148.

- Rivaud Delgado, F. (2013). Recuerdos del Agua, en Salazar, F. Globalización y política neoliberal en México. Departamento de Sociología. UAM-Azcapotzalco. México. 1-11 <https://www.letraslibres.com/mexico/recuerdos-del-agua> (mayo 2020)
- Velasco Santos, P. (2017). Ríos de contradicción. Contaminación, ecología política y sujetos rurales en Nativitas, Tlaxcala. Instituto de Investigaciones Antropológicas. Universidad Autónoma de México.

Notas

i Esta publicación constituye una reflexión sobre los resultados de la tesis titulada: Una aproximación a la relación sociohídrica en torno al río Amatzinac, desde la memoria colectiva de los comuneros y ejidatarios de Tetela del Volcán (1980-2020). De Diana Laura Yañez Reyes a cargo de la dirección de la Mtra. Esther Galicia Hernández.

ii Transito Reyes Jiménez de 76 años, maestro jubilado originario de Tetela. Entrevista realizada el 18 de abril del 2022, Tetela del Volcán, Morelos

iii Transito Reyes Jiménez de 76 años, maestro jubilado originario de Tetela. Entrevista realizada el 18 de abril del 2022, Tetela del Volcán, Morelos

Disputas por el paisaje socioterritorial de San José Chiapa, Puebla

*Jezabel Luján Pinelo¹ *, Lilia Varinia Catalina López Vargas²,
Virginia Cabrera Becerra³ y Mónica E. Olvera Nava⁴*

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo hacer una lectura crítica, reflexiva y propositiva hacia algunas de las disputas históricas que han conformado el territorio de San José Chiapa, en el estado de Puebla, en el cual, con la llegada del proyecto industrial Audi y la Ciudad Modelo, se instauraron nuevos procesos de relación y percepción territorial entre los actores económicos políticos y los sujetos locales, generando tensiones en la forma en que se entiende y se gestiona el territorio.

Este artículo forma parte de una investigación doctoral en proceso, la cual se enmarca en un enfoque feminista ecoterritorial y transdisciplinar, con lo cual se busca superar la visión reduccionista y del discurso único, desde un necesario posicionamiento crítico, multidimensional y multimetodológico. Se resalta la dimensión socioterritorial en el estudio, a partir de la propia complejidad y diversidad de los sujetos en la conformación y definición de su espacio, tratando de recuperar desde las expresiones, vivencias y percepciones sobre el paisaje socioterritorial, herramienta teórico-metodológica cuya cualidad de dar legibilidad al espacio territorial, posibilita la identificación e interrelación compleja de las dimensiones sistémicas que configuran el territorio, a través de sus procesos heterogéneos y multiescalares que le estructuran y desestructuran. Con ello se busca identificar y revalorar las resistencias cotidianas de los sujetos locales emergentes desde el intercambio de saberes académicos y no académicos, así como el acuerpamiento de sus

1 Doctorante en Estudios Socioterritoriales. ICsyH-BUAP.

*Autora de correspondencia jezabel.lujanpinelo@viep.com.mx

2 Profesora investigadora y coordinadora del Posgrado de Estudios Socioterritoriales del ICsyH-BUAP. miembro del CA-268 en Procesos Territoriales. variva35@yahoo.com.mx

3 Profesora investigadora del Posgrado de Estudios Socioterritoriales del ICsyH-BUAP, líder del CA-268 en Procesos Territoriales. virginia@urbe.com.mx

4 Profesora investigadora de Cupreder-BUAP, colaboradora del Posgrado de Estudios Socioterritoriales del ICsyH-BUAP miembro del CA-268 en Procesos Territoriales. olveranava@gmail.com

iniciativas y acciones. Para ello se recuperan metodologías participativas, etnohistóricas y narrativas.

Palabras clave: desarrollo, territorio, participación comunitaria

Introducción

Uno de los conceptos que en la actualidad cobra vital relevancia en las ciencias sociales es la de territorio, se trata de un concepto complejo y útil para adentrarse en la urdimbre que implican las dimensiones de espacio y tiempo dentro de la realidad (Vergara, 2016); es polisémica e interdefinida, puesto que le nutren las interacciones de entre distintas disciplinas, enfoques, corrientes y saberes (Cabrera, 2016)—incluso en aquellos que derivan del paradigma positivista, los cuales tratan de definirle de manera absoluta con el fin de instrumentalizar el concepto—. El territorio posee una cualidad multiescalar; en él están contenidas subjetividades, diversos actores sociales que interactúan en medio de relaciones materiales, psíquicas y afectivas (Giménez, 1999), estas relaciones de poder dinamizan su transformación; a la vez que en él se sobreponen diversos tiempos, sucesos y procesos, en una especie de viejo texto, único, sobre el que cada quien cual copista ha borroneado y vuelto a escribir, es decir, territorio bien puede considerarse un “palimpsesto”.

Por su parte, la territorialidad hace referencia particularmente a la relación entre individuos, grupos o entidades y el territorio en el que operan, considerando aspectos como el control, la gestión, la identidad y la influencia en dicho territorio, de acuerdo con sus procesos históricos, formas de vida, intereses y la correlación de fuerzas. La construcción y control de este espacio no está libre de tensiones, ya que surgen enfrentamientos entre individuos y grupos con visiones opuestas sobre cómo debería producirse el espacio territorial. Estas disputas y conflictos por el control del territorio son los que, a su vez, lo moldean, dejan su huella y le otorgan su particularidad (Rodríguez Wallenius, 2017).

El paisaje surge como categoría de interés en el estudio del territorio y el medio ambiente, sobre todo porque vincula necesariamente dos dimensiones en su origen escindidas por el pensamiento racional: naturaleza y cultura. La dificultad de su aprehensión en un concepto único estriba en la percepción de los distintos actores asociados que le definen y utilizan de acuerdo con sus propios intereses y paradigmas (Alberto, 2009). Al rastrear el origen de paisaje, este es occidental por antonomasia, surgido con

la modernidad. De las lenguas latinas a la noción equivalente en lengua germánica, denota “un espacio con rasgos tanto naturales como culturales que era susceptible de ser pintado o dibujado” (Fernández-Christlieb & Ramírez-Ruiz, 2016) —términos cuya raíz común es *land* “país” y “vista” como *landschap* en holandés, *landskab* en danés y *landschaft* en alemán—; al retomar la raíz latina “*pagus*”, la cual se refiere a una división territorial o una demarcación rural, del cual derivan las nociones de país en las lenguas latinas —como en el francés *pais* y el subsiguiente *paysage*; el *paese* y *paesaggio* italiano, así como el país y *paisagem* portugués—. No obstante, dada la occidentalización de la noción, esta se ha atribuido a la historia del arte, más al paisajismo.

Sin embargo, recientemente se han incorporado al debate algunas conceptualizaciones provenientes de tradiciones orientales y amerindias que patentizan el ineludible vínculo entre los procesos humanos en la interacción con su entorno natural, como bien apunta Castellanos Arenas:

En la China del siglo IV a. de C, el *fēng guāng* (風景) hacía referencia al espacio físico y simbólico y fue instrumento de poder y prestigio social. La palabra *shanshui* se usa para designar al paisaje y surge de la contracción de dos sinogramas *shan* (montaña) y *shui* (agua o río), términos que son mucho más antiguos que la palabra *shanshui*. En Mesopotamia, en Egipto y en la Grecia clásica, no hay indicios tan claros de un interés similar por su entorno (2017:30):

Este mismo autor señala con claridad lo siguiente: si bien el *shanshui* define actualmente a un estilo de pintura paisajística china, los caracteres de montaña (山) y agua (水) son mucho más antiguos al estilo artístico, lo cual encuentra su símil en el concepto del *altépetl* mesoamericano, compuesto por las palabras *atl* (agua) y *tepetl* (cerro o montaña), lo que se interpreta comúnmente como “lugar en el agua” o “ciudad-estado”. Lo cual designa a una unidad política y social fundamental en la organización de las sociedades mesoamericanas pre-invasadas, donde el paisaje permitía por un lado la gestión del territorio —con mapas e inventarios— y por otro, el imaginario religioso y el idealizado.

Se trata, entonces, de una noción instrumental, una herramienta en muchas culturas para hacer legible el espacio y el territorio; paisaje es una dimensión que accede a la interacción entre naturaleza, sapiens y símbolo. Reinterpretado desde ese mismo ángulo, paisaje es resultado de una experiencia *aesthetica* individual o colectiva, de vivencias y aspiraciones, a decir de Nogué (2015:141) “impregnadas de un denso contenido intangible, a menudo solamente accesible a través del universo de las emociones”,

traducidos como signos en un territorio, de forma tal que, por definición, todo paisaje se constituye así en una noción cultural.

Sin embargo, el campo patrimonio se ha apropiado de la categoría paisaje cultural, utilizándola como un instrumento de valoración patrimonial, desde una lógica racional que jerarquiza sus elementos constitutivos; otorgando la mayor valoración a inmuebles o monumentos, tales como “obras arquitectónicas, de escultura o de pintura monumentales, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de elementos, que tengan un valor universal “excepcional” desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia” (OSE, 2018). Este enfoque se basa en criterios de exclusión, conservación y puesta en valor, definidos por especialistas a partir de marcos surgidos de la matriz patriarcal-colonial-modernidad-capitalista.

El Patrimonio, en tanto que noción logocéntrica, surgió de los debates racionalistas durante los siglos XIX y XX en Europa, el cual define etimológicamente lo que es recibido/heredado del padre o de la patria (*pater*=padre y *onium*=recibido); esta vinculación de la fraternidad y pater subyace en la relación que tiene patrimonio con patria, nación y Estado.

Entendiendo que el Estado es una asociación política coercitiva, cuyo rol principal está en ser agente del orden social, el cual busca a través del ejercicio del poder someter a los individuos dentro de un territorio, reclamando para sí el monopolio de la violencia legítima. Al igual que toda empresa de dominación política, requiere de un aparato administrativo que oriente hacia el interior o exterior de esa población los intereses del detentador del poder —en este caso el Estado-empresa—, mediante una serie de principios y normas generadas para tal fin; este órgano burocrático responde a dos intereses particulares: retribución material y honor social (Weber, 1979).

“Para el mantenimiento de toda dominación por la fuerza se requieren ciertos bienes materiales” (Op.Cit.: 88), lo cual hace que el Estado se convierta en un instrumento de control de los medios de producción dentro del sistema capitalista, a través de sus organismos administrativos y sus aparatos jurídicos. De ahí que el significante que tiene el patrimonio sea de lejos inocuo, pues el concepto patrimonio actúa como un lugar ontológico y sustantivo, en tanto que patrimonialización es un proceso o acción que obedece invariablemente a las necesidades del sistema hegemónico, por lo que es imposible obviar su historicidad.

Ahora bien, la relación de territorio y cultura se constituyen, a decir de Giménez (1999), en tres dimensiones posibles y que estarían identi-

ficados en espacios de inscripción cultural, denominados “geosímbolos” o “bienes ambientales”, es decir, un marco de referencia o área de distribución de instituciones y prácticas culturales espacialmente localizadas o como objeto de representación y de apego afectivo, como símbolo de pertenencia socio-territorial.

Esta interpretación enfatiza las huellas o puntos de referencia que surgen de la interacción social humana en un entorno específico, reflejando las relaciones de poder e intercambio cultural que distingue ese territorio. Los geosímbolos son, por tanto, la huella de un lugar cargado de memoria, de manifestaciones culturales sobre la materialidad o el conocimiento local en un proceso activo que genera identificación y un vínculo imaginario, conocido como herencia cultural. En otras palabras, son elementos representativos e icónicos de sus respectivos paisajes, los cuales suelen ser patrimonializados, apropiados por el Estado-empresa y expoliados para proyectos de desarrollo supranacionales, despojando a las poblaciones locales y profundizando las desigualdades que este sistema genera.

De ahí surge la necesidad de construir una conceptualización del paisaje que, en contraste con el análisis geográfico y cultural tradicional, enfatice los conflictos y las intencionalidades como elementos constitutivos de las transformaciones territoriales. Esto requiere una mirada profunda a las relaciones de poder entre los diferentes actores y sujetos presentes en el territorio. Se trata de un paisaje socioterritorial que, como herramienta de análisis compleja, destaca la legibilidad del espacio y del territorio, resultado de la convivencia con el entorno, las sucesiones ecológicas y los procesos de larga data. Esta identificación primaria con el territorio responde a la percepción y experiencia individual y colectiva en la construcción social del entorno, superando la mera observación geográfica o el enfoque patrimonialista. Permite visibilizar los efectos del conflicto entre la territorialidad hegemónica y los actores emergentes, además de ser un espacio de potencialidad creativa, de encuentro, identidad y acción social. Asimismo, se distancia de la base ontológica patrimonialista, que prioriza lo cultural sobre lo natural y al objeto sobre los sujetos.

Desarrollo del tema

La investigación se asienta en el municipio de San José Chiapa, el cual a su vez forma parte de la región III Valle de Serdán del estado de Puebla (figura 1). Enmarcado por dos estratovolcanes, el Citlaltépetl o Pico de Orizaba y la Matlalcueytl o Malinche, en la confluencia con la Laguna de Totolcingo, en la cuenca endorreica Libres-Oriental. La etimología

de Chiapa según el diccionario náhuatl de Fray Alonso de Molina, hace referencia al “lugar mojado”, “donde hay lodo o cosa semejante”, lo cual denota una de las cualidades de este paisaje, en la que buena parte de su superficie, formaba parte del cuerpo del “lago de las aves acuáticas”.

Su ubicación geoestratégica ha marcado la vocación del suelo y con ello, dotado de rasgos sociales, culturales, históricos, económicos y medioambientales a los pueblos de la región. Desde ruta de paso para el poblamiento humano hace al menos 12 mil años, pasando por los constantes conflictos interétnicos y reacomodos geopolíticos durante la época prehispánica, la invasión española y la colonización que adaptó los modelos previos de administración de los territorios, hasta el reparto agrario que les permitió subsistir; adecuándose así a las tendencias dominantes en



Figura 1 Ubicación del área de estudio. Fuente: Luján Pinelo, J. (tesis doctoral en proceso)

el territorio, satisfaciendo las necesidades de los actores que disputaban la hegemonía por este territorio, resistiendo desde el uso cotidiano y colectivo, de sus saberes agrícolas y reproductivo de la vida.

Desde principios del segundo milenio, con la llegada de los gobiernos de derecha en México, se da un fuerte impulso a la avanzada del modelo neoliberal en la región con la institucionalización del Plan Puebla Panamá (PPP), con el cual se buscó establecer el Área de Libre Comercio de las Américas (ALCA) para beneficio de las grandes transnacionales de las economías del norte global, con la cual estas pudieran tener acceso a los bienes de los territorios, reservorios de diversidad natural y cultural, del centro y sur del continente, de ahí que para 2008 evolucionó en lo que se conoce como Proyecto Mesoamérica, con lo cual se garantizaba el acceso de la infraestructura desde México hasta Colombia para extraer y explotar los bienes comunes. Lo que hace al centro de México y particularmente al estado de Puebla como un punto clave de interconexión para el tráfico de mercancías.

La llegada de Audi a la región se da en la inflexión que generó la crisis de la burbuja inmobiliaria en la geopolítica global. Ante la incertidumbre financiera el grupo inversionista Goldman Sachs identificó once países emergentes beneficiados por el entorno de crecimiento de la economía China, países que representan casi 20% de la población mundial y dentro de los cuales, sólo México se encuentra en esta lista de los N-11 en Latinoamérica, mismo que ofrece diversos beneficios para la llamada relocalización de empresas o “*nearshoring*”, es decir, expandir la política de maquiladoras en todo el país, particularmente en la región sur que planteaba el PPP.

Lo anterior implica la relocalización de empresas a territorio mexicano dada la proximidad geográfica con EUA y Canadá, con lo cual se busca, entre otras cosas, facilitar la logística, reducir los costos de transporte y tiempos de entrega; es decir, aprovechar los costos laborales competitivos con una mano de obra barata respecto a países del norte global, asegurada por una pirámide poblacional aún joven, lo cual asegura la renovación de la base trabajadora a través de nuevas generaciones de obreros. A decir de los inversores, México cuenta con una sólida infraestructura industrial y una fuerza laboral calificada en sectores clave como la manufactura, la electrónica, la automotriz y la aeroespacial, razones que lo hacen adecuado para la producción de una amplia gama de productos; además, el país cuenta con una estructura política y comercial enfocada al libre mercado, con una serie de acuerdos comerciales establecidos durante el periodo neoliberal que facilitan la inversión extranjera, así como una cultura empresarial que promueve la colaboración y la comprensión mutua entre las empresas.

Ante el crecimiento potencial del mercado automotriz asiático (Nissan, Mitsubishi, Toyota, etc.), la firma automotriz AUDI, parte del consorcio alemán Volkswagen, decidió establecer un nuevo clúster industrial para la producción del modelo Q5 Premium, con un enfoque particular en el mercado de América del Norte. La llegada de esta planta automotriz y de la Ciudad Modelo a partir de 2010 se dio en un contexto de relaciones de poder asimétricas, intensificando los conflictos y desigualdades históricas en el territorio. Este desarrollo exacerbó prácticas sociales y culturales violentas, como la especulación del suelo, el despojo, la exclusión, la consolidación de la industria del huachicol, la degradación ambiental, la sobreexplotación del acuífero, la criminalización de la protesta social y la fragmentación social, entre otras. Estas dinámicas vulneran los derechos e integridad de los sujetos históricamente feminizados, tanto humanos como no humanos, y generan tensiones entre las narrativas y prácticas relacionadas con la naturaleza y la sociedad, poniendo en riesgo la reproducción y el cuidado de la vida.

Bajo la narrativa del desarrollo sustentable y el capitalismo verde, este modelo de expansión imperial supranacional organiza la vida social en función de unificar distintos nodos de poder: militar, comunicacional, cultural y lingüístico, en declive del Estado-Nación, buscando gobernar a través de una visión totalizante de como pensar e interactuar con la naturaleza para el beneficio y crecimiento del capital, impactando los modos de vivir, de pensar y de percibir el entorno o los paisajes, haciendo que las poblaciones que habitan estos territorios asuman los costos ecosociales: falta de agua, pérdida de suelos, dependencia alimentaria, menoscabo en la identidad colectiva, entre otros; estimulando asimismo la desaparición de la figura del ejido y con ello de los rasgos mínimos de colectividad aún presentes en la cultura campesina de los pueblos de la región, impactando así los modos de vivir, de pensar, percibir, gestionar históricamente el territorio y sus paisajes.

El paisaje socioterritorial ante la llegada de Audi

Hasta antes de la llegada de Audi, la población mantenía una configuración heredada de la época de las haciendas, la gesta revolucionaria de 1910 significó para la mayoría de los pobladores imágenes de hambrunas y riesgos por el vandalaje que trajo consigo, reconociendo que en el municipio, pocos participaron de “la bola”, pues asumían que la relación con los hacendados era buena, y que la colectivización de las tierras era un riesgo a los que no todos estaban de acuerdo a sumarse, pues no contaban con los medios para hacerlas producir. Las personas de más edad se muestran de acuerdo con la autoridad y el paternalismo con el que les trataban los patrones, algunos incluso lo añoran, por lo cual consideran que las comunidades actuales fueron resultado más que de una lucha, de una gestión de tierras durante la reforma agraria en la década de los años cuarenta del siglo XX.

Por tal motivo, la identidad de las comunidades está íntimamente relacionada al paisaje de la hacienda como punto de origen (figura 2), mientras que la identificación con lo indígena está diluida en el imaginario, toda vez que las poblaciones originarias en la región se vieron prácticamente exterminadas durante el primer siglo de la Colonia. Si bien les habitantes del municipio reconocen ser herederos de la cultura nahua, no se identifican con una lengua o tradición indígena, sino con la identidad mestiza y agrícola, todavía con una fuerte presencia católica y guadalupana.

Además, está el hecho que gran parte de los trabajadores de las haciendas tienen orígenes muy disímiles, si bien en su mayoría eran de pueblos pertenecientes al gran valle de Puebla-Tlaxcala, los pobladores se reconocen y autodenominan según la hacienda que les repartió las tierras. Así, aquellos asentamientos que surgieron del paracaidismo y de la intervención del sistema de partidos políticos en la distribución de las tierras, han sido duramente cuestionados y segregados, acciones que han provocado en consecuencia, fuertes tensiones intercomunitarias y de manipulación política. A decir de Lizbeth Basilio, pobladora de la junta auxiliar de San José Ozumba:

Yo me identifico como ozumbeña, aunque, pertenezcamos al municipio, pero, pues nuestra localidad es San José Ozumba... Lo que nos diferencia de San Isidro, Morelos o Chiapa es la hacienda, que tenemos acá cerca la hacienda, que es de San José Ozumba, que esa hacienda ya lleva mucho tiempo. (Entrevista 3 de octubre de 2022).

La población de más edad concuerda que una de las características del paisaje de la zona era el pantano, que en temporada de secas presentaba un suelo salitroso, en el cual había zonas donde afloraba el tequexquite, mientras que en las temporadas de lluvias se encontraban gran cantidad de

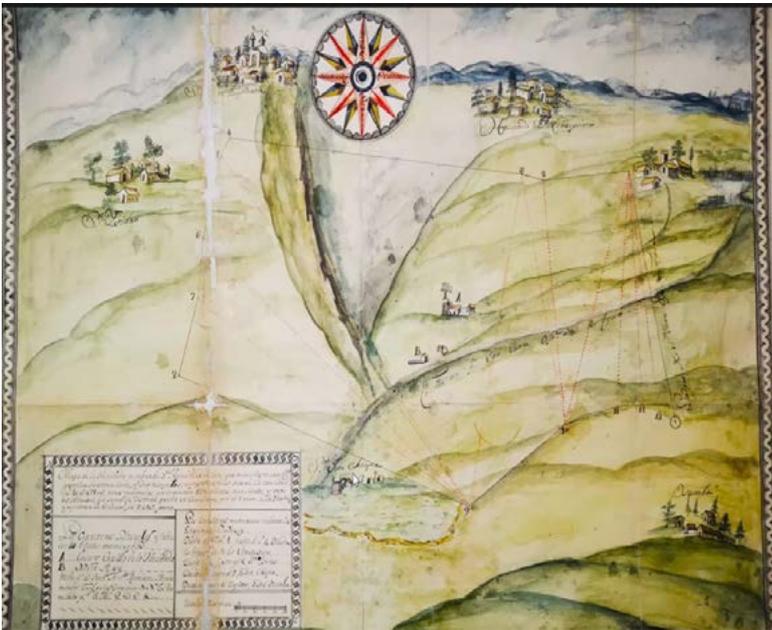


Figura 2 Mapa Cartográfico de San José Chiapa y sus alrededores para el siglo XVIII. Archivo de Notarías de Puebla.

especies de aves migratorias como patos canadienses, garzas, codornices, “metolas”, “chillones”, entre muchas otras; una importante presencia de anfibios, sapos, salamandras, ranas, ajolotes y tempolocates; también son comunes las víboras de cascabel, lagartos cornudos, escorpiones, tlalcoyotes, armadillos, mapaches, topos, motos, ratones de campo, entre otras especies animales, muchos de los cuales constituían parte de la dieta tradicional.

Asimismo, en los linderos de los terrenos de cultivo crecía una gran diversidad de plantas que eran parte del sistema milpa, que les brindaba medicamentos, así como otro tipo de alimentos como setas, quelites, verdolagas y maguey pulquero. Durante la temporada de lluvias, se podían encontrar chapulines y los gusanos del llano o “cuetlas”, orugas o larvas de una polilla de la región, las cuales se consumían tostadas o fritas, acompañadas de aguacate criollo. Pero que actualmente, su recolección se encuentra restringida por las autoridades locales, debido a su drástica disminución.

Las políticas modernizadoras del campo mexicano durante el siglo XX dejaron una huella significativa en el paisaje de la región. Técnicas tradicionales como el terraceo, la rotación de suelos y la captación de agua de lluvia en aguajales o jagüeyes fueron reemplazadas por nuevas prácticas agrícolas que buscaban tecnologizar el campo y hacerlo competitivo a nivel global. Esto incluyó la introducción de monocultivos, semillas modificadas en laboratorios, tractores y pesticidas. Aunque estas innovaciones generaron mayores ingresos económicos para la población campesina, permitiéndoles acceder a comodidades como viviendas de block en lugar de las tradicionales casas de tierra y paja—las cuales, aunque térmicas, eran consideradas peligrosas por el riesgo de incendios—, así como a medicamentos, educación para sus descendientes y productos de lujo como refrescos, cerveza y frituras, también trajeron consigo nuevos problemas de salud. Hoy en día, la población enfrenta altos índices de enfermedades renales, diabetes, hipertensión, problemas cardiovasculares, cánceres y alergias, problemas que antes no eran comunes

También desde la percepción poblacional, los impactos son visibles en el entorno natural, pues se evidencia una sistemática erosión del suelo, disminución y contaminación del agua, lo cual conlleva al encarecimiento del costo de vida, tal como lo expresa don Bidulfo Huerta vecino de San José Morelos:

Decía un patrón ¿Cómo la ves? ¿Vives ora mejor que antes o cómo? No pos este, le respondió un señor, pues era mejor antes que ahora, dice, ¿Por qué? Dice, pos sí, porque antes ganábamos poquito, pero era

todo barato y bien que nos alcanzaba lo poquito que ganábamos, para mantenernos y pues pa' vestirnos, calzarnos y eso, ora ganamos más, pero todo carísimo, dice, pos sí, pero mira, dice, ahora viven mejor que antes, dice, porque antes ¿En qué dormías? Antes dormías en un petate de palma, en el suelo, tendías el petate y te acostabas, unos costales, te tendías, y ahora no, porque, aunque sea en una camita, pobremente duermes. ¿Antes en qué comías? En un cajete de barro y en el suelo, ponías tu platito y ay está comiendo, y ahora no, ora en un plato de vidrio en una mesita, dice entonces ¿Cómo puedes ser que antes tú mejor que ahora? Dice.

Entrevistadora: ¿Y usted qué opina de eso?

Entrevistado: Pos, por una parte, sí, pero por otra no, porque tocante al sueldo, ¿de qué sirve que gana uno un centavo más? Pero todo carísimo, no más vamos con lo del fertilizante, como nosotros campesinos ¿de a cómo según está el bulto ahora de abono? De a mil cien pesos un bulto de abono urea. Yo tengo que trabajar una semana pa' comprar un bulto de abono ¿usted cree que eso esté bien? (Entrevista 9 de febrero de 2022).

Este proceso de modernización precarizó aún más a la población, haciéndola dependiente del asistencialismo gubernamental y vulnerable a la manipulación política por parte de los grupos de poder caciquil en la región. Esto ha contribuido a la fragmentación social dentro del municipio, especialmente con la llegada del sistema de partidos políticos. Según los entrevistados, con la introducción de los partidos, el saqueo de los recursos públicos se hizo más evidente y escandaloso. Antes, ocupar un cargo en el ayuntamiento se consideraba un servicio a la comunidad; quienes asumían este compromiso eran líderes con vínculos familiares que se turnaban en el cargo. Aunque administraban los recursos federales, el sueldo del cabildo era más bien simbólico, por lo que los líderes, de manera discrecional, gestionaban recursos proporcionados por hacendados y otros ingresos de la comunidad, fortaleciendo así las figuras caciquiles. Las obras de infraestructura eran una labor colectiva, gestionada entre las autoridades y la población a través de faenas, en las que participaban principalmente los hombres, aunque las mujeres también colaboraban, encargándose de proporcionar los alimentos durante estas actividades. Sin embargo, con la llegada del sistema de partidos, comenzó una gestión individualista de los recursos, un fenómeno que se intensificó con la llegada del proyecto industrial de Audi y la Ciudad Modelo. Esto no solo corrompió las estructuras ejidales, sino que también generó una acumulación discrecional y complicó las redes de corrupción en la región. Como

reflexiona y rememora Don Crispín Valencia, vecino de San José Chiapa a sus 98 años.

Pues eran familia, los Valencia, los Duran, los Vélez, entre ellos se peleaban los puestos, igual que ahora, se pelean por la presidencia... pero pues ahora hasta la comisaría ejidal y la presidencia se lo reparten entre familiares, todo lo quieren tener, nada más les interesa el dinero... Bueno, pero fíjese usted, bueno, en mi pensamiento, el que tiene la culpa aquí, es el gobernador, que no les hace una auditoría... —A todos los que salen— que les hagan auditorías ¡que aprendan! Yo escucho todos los días, pues todo da que saber el presidente, ahí lo informa cómo debe hacerse... En Manantiales, había un libro, que una vez nos enseñó Don Juan Aguilar, que era administrador, todo eso que iban a pedir los presidentes, un libro grande, iban a pedir de todo, ¡robadero! tristemente siempre ha sido así, pero pues, —refiriéndose a las nuevas generaciones— ¡que hagan algo para que realmente progrese el pueblo! (Entrevista 22 de agosto 2023)

Uno de los primeros efectos que la gente recuerda, fue el de la especulación del suelo, en un territorio identificado bajo el régimen ejidal (figura 3), que suponía la copropiedad por parte de campesinas y campesinos organizados; basadas en la modificación constitucional de 1992 que les permitió convertirlos en propiedad privada, “los ejidatarios empezaron a vender sus partes correspondientes, desde antes de saber a quién o con qué propósito se estaban vendiendo (Sánchez Porras, 2018: 38).

Algunos propietarios vendieron sus tierras al considerarlas ociosas, ya que se encontraban a 5 u 8 kilómetros de sus domicilios y carecían de los medios para trabajarlas; sumado a que la presencia de salitre en la zona las hacía poco aptas para la agricultura, beneficiando únicamente a los pastores y a quienes vivían en las cercanías. Por ello, cuando ciertos funcionarios del gobierno estatal les ofrecieron hasta 9 mil pesos por hectárea, lo vieron como una oportunidad, especialmente considerando que antes del anuncio de la instalación de Audi, la oferta máxima era de 5 mil pesos por hectárea.

Además, fueron afectados por la política del rumor: se hablaba de la posible apropiación de tierras por paracaidistas y, en otros casos, de que el gobierno planeaba expropiarles las parcelas. Cuando Audi llegó a comprar, los revendedores recibieron hasta un millón de pesos por hectárea. Esto generó problemas dentro de las familias, llegando incluso a desencadenar asesinatos debido a la ambición que surgió en torno a la posesión de tierras. Los conflictos derivados de estas negociaciones han vulnerado

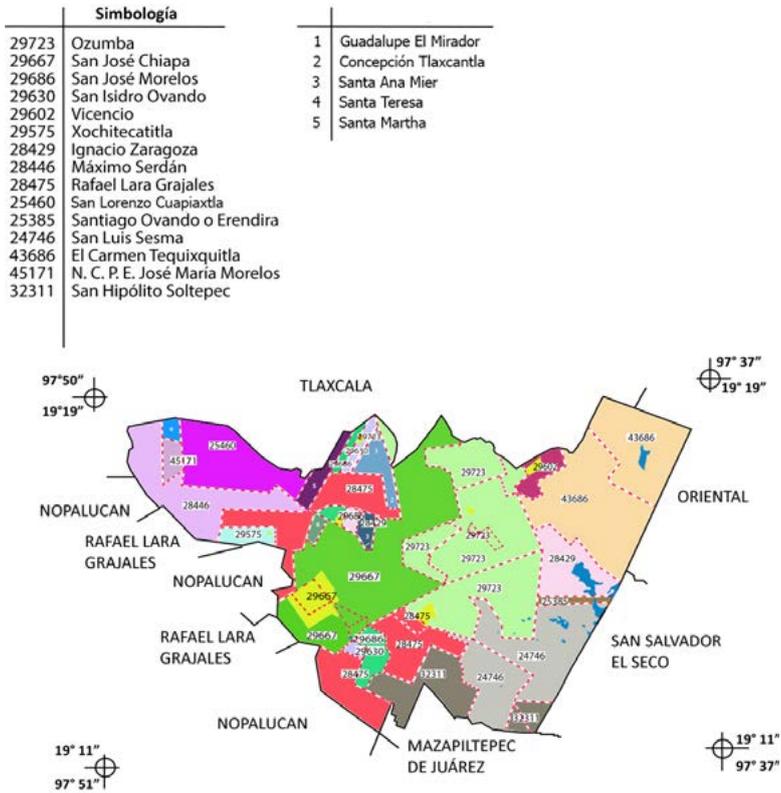


Figura 3 Mapa de ejidos de San José Chiapa. Fuente: Luján Pinelo, J. (tesis doctoral en proceso).

los derechos de las mujeres, a pesar de que en el municipio tienen derecho a heredar—y algunas eran ejidatarias—, ya que reaparecieron discursos machistas tradicionales que buscaron impedir que ellas accedieran a sus derechos sobre la herencia de tierras. Si bien la población se dejó llevar por la narrativa de beneficios por el proyecto industrial, lo cierto es que en el fondo también había temor de manifestar la inconformidad, ya que en la memoria colectiva quedó registrada una manifestación que hicieron un grupo de ejidatarios en 2003, en un conflicto por la corrupción municipal “cuando la gente aún jalaba”. Según comenta Don Felix, se reunieron unas 70 personas, las cuales se manifestaron ante el congreso local (figura 4), exigiendo la destitución del edil. Al no tener respuesta a la solicitud, la protesta continuó con el cierre de la carretera federal 129, a la altura de la población, la administración del gobernador Melquíades Morales Flores

(1999-2005), respondió con mano dura a la exigencia de transparencia en los gastos municipales, quien mandó desalojar de manera violenta y encarcelar a algunos de los manifestantes en Tepeaca.

Desgraciadamente los presidentes municipales hacen lo que quieren, porque saben que la gente ya no se manifiesta, y ahorita en Chiapa hay un dineral ¿por qué? Audi, la empresa les da recursos a los presidentes ¿qué han hecho? casas y ranchos para ellos ¡no se vale!, mire, yo no digo que no, si usted me da 100 pesos para invertir a lo mejor le quito 5 para invertir los 95 en el pueblo y ni cuenta se da usted, pero les dan 10 millones y se gastan 20 (millones) ¿Pues de dónde? Y se vuelven cínicos, ahí están buscando repetir cargos o acomodar a sus familiares, o formando sindicatos, porque ahorita saben que está la minita. (Entrevista 22 de agosto 2023)

Actualmente, la reactivación del Proyecto de Integración y Desarrollo de Mesoamérica en la región, ha traído nuevas presiones a les ejidatarios de la zona, quienes cada vez ceden más a los grupos de especulación inmobiliaria, quienes infiltran las asambleas bajo el beneplácito de las autoridades locales y estatales, quienes buscan adelantarse a los proyectos de la presidencia de Claudia Sheinbaum, movilizándose para cambiar el régimen de las tierras comunales bajo la figura del dominio pleno, con la intención de que las autoridades actuales asuman el costo político de dicha acción.

Dada la secrecía con la que se operó el proyecto y a que las obras de despalme se adelantaron a la elaboración del Programa Subregional de Desarrollo Urbano, formulado por el Instituto de Investigaciones Sociales y Humanidades de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla



Figura 4 Nota del periódico *La Jornada* sobre la manifestación de pobladores de San José Chiapa ante el Congreso local en 2003. Fuente: <https://www.jornada.com.mx/2003/02/28/036n2est.php?origen=estados.html>

(ICSyH-BUAP), (4 de noviembre de 2013), donde quedó señalado que los requerimientos de suelo urbano estaban “directamente vinculados a la dinámica demográfica de los municipios y del impacto derivado de la inserción de la actividad de la industria automotriz en la subregión” (Vélez et al., 2013: 386). Por otro lado, el Programa Subregional de Desarrollo Urbano Sostenible, ideado por la empresa española IDOM y dado a conocer el 4 de noviembre de 2015, planteaba que, ante la demanda de nueva vivienda por los avances de las obras de la planta, donde los núcleos próximos a la planta no estaban preparados para recibir un volumen de población tan alto, a corto plazo, justificaba desarrollar una Ciudad Modelo, concepto novedoso para la zona.

Este nuevo núcleo urbano no fue planteado durante las negociaciones. En las asambleas solo se les había hablado de las bondades de la planta automotriz, de los equipamientos y mejoras en los 5 municipios colindantes, de los caminos y accesos, pero no de la Ciudad Modelo. Dicha urbanización respondió a un criterio unilateral por parte del gobernador Rafael Moreno Valle, quien impuso en la zona una particular forma de ver y estar en el mundo, condicionando la acción de los actores locales, invisibilizando las diferencias y los conflictos en la región. La búsqueda de un modelo de urbanización así se valió de un discurso que resalta e idealiza la técnica y modernidad, empero, oculta de fondo la intención hegemónica de la escala-mundo, la cual conduce a una hegemonía descarnada y a la desterritorialización (Sánchez & Moura, 2005).

Intentaron, incluso, convertir a la Ciudad Modelo en el municipio 218 del estado de Puebla. El 27 de enero de 2017, el Congreso estatal decretó la creación del Organismo Público Descentralizado Ciudad Modelo, con personalidad jurídica y patrimonios propios. Un territorio de 519 hectáreas que, a decir del documento, cumple principalmente con los criterios normativos y de viabilidad económica y, en segundo lugar, con lo referente al medio ambiente y estructura territorial (Mastretta & Silva, 2019).

Esta urbanización está diseñada para ser una burbuja para una población cautivada por la industria, conectada principalmente a la autopista Cuapiaxtla-Cuacnopalan y a la vía de interconexión con la planta automotriz. Los trabajadores de Audi prácticamente no pueden interactuar con las poblaciones circunvecinas, pues al ser una ciudad que prioriza el uso del automóvil particular, no hay forma cómoda para que los pobladores entren y salgan fácilmente vía el transporte público.

Debido a que la mayor parte de los trabajadores provienen de otras ciudades y estados vecinos, la realidad es que muchos desconocen si quie-

ra las poblaciones que se encuentran alrededor de la planta, pues una vez terminada la jornada laboral, toman la carretera de interconexión que pasa les libra de cualquier interacción con las poblaciones locales.

El vital líquido

El territorio donde se ubica el complejo industrial Audi y su Ciudad Modelo, pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, en la subregión denominada Llanos de San Juan, la cual forma parte de la subprovincia lagos y volcanes de Anáhuac. Hidrológicamente se asienta en la cuenca del río Libres-Oriental, mismo que forma parte de la región hidrológica n°18 Balsas. Libres-Oriental es una cuenca endorreica cerrada que descarga en el lago Totolcingo, con escurrimientos de temporal; su importancia de área almacenadora de agua lo mantiene en veda desde 1954. En 2015 se dio a conocer que la cuenca presentaba un déficit de 300 mil metros cúbicos (CONAGUA, 2015). La mayor disponibilidad de agua en el estado de Puebla se encuentra en esta cuenca, lo cual la ha puesto en la mira de varios proyectos para cubrir el déficit de abasto de agua en la Ciudad de Puebla y Ciudad de México.

La perforación de pozos irregulares, lo mismo para uso agrícola que industrial, es uno de los grandes problemas que enfrenta la región, así como el acaparamiento de veneros y canales de uso común; tal es el caso observado durante los recorridos hacia el extremo oriente del municipio donde se encuentran desvíos del cauce de los canales de riego hacia una zona, hermética en más de un sentido; se trata del Centro de Caza Loma Roja, un Resort de 5 estrellas donde se crían especies exóticas para la cacería, y que cuenta con su propio aeródromo, al cual, según lo expresado por los pobladores, son asiduos asistentes políticos, líderes sindicales y empresarios. Este sitio contrasta con el entorno de las viviendas circundantes, las cuales conforman tres de las localidades con más alta marginación e inseguridad en el municipio.

El agua es un recurso estratégico para la industria, y ya no es un secreto que la decisión de establecer el complejo industrial se debió a la abundancia de esta fuente de suministro, así como a la riqueza de los suelos y la geografía favorable para la generación de energía eólica y solar. El gobierno estatal, por su parte, justificó la selección de esta región argumentando que se trataba de un territorio natural desolado, árido y abandonado, fragmentado en ejidos durante el Reparto Agrario—sin comprender que la supervivencia de los asentamientos seguía el patrón mesoamericano de dispersión. Además, la narrativa patrimonialista que

romantiza la historia del municipio, glorificando el período colonial, la industria hacendaria y la figura de Juan de Palafox como defensor de los pobres y la cultura poblana, ha influido en la percepción de especialistas urbanistas. Estos consideran que este territorio agro-urbano tiene un desarrollo prácticamente nulo, con apenas algunas edificaciones en ruinas que podrían aspirar a ser consideradas patrimonio. Por lo tanto, veían como las únicas opciones para impulsar el desarrollo de estas comunidades la presencia del conjunto religioso donde se alojó el obispo Juan de Palafox y Mendoza, creyendo que:

en una región pobre, marginada, y sin mucha esperanza pueden ser el motivo que les traiga riqueza, prosperidad y sin la menor duda, desarrollo y, la segunda, la llegada de la industria automotriz de la empresa alemana Audi (Sánchez Hernández et al., 2017: 21).

Una vez más, se evidencia la cooptación que el sistema hegemónico ejerce sobre los especialistas, quienes adaptan sus discursos para justificar los despojos y acciones neocolonizadoras. El imaginario de un espacio vacío y desolado promovido por los actores gubernamentales responde a la expansión de las geografías de extracción, facilitada por el abandono sistemático del campo mexicano bajo políticas neoliberales y el desgaste acumulado de los territorios debido a la agricultura industrial. Esto genera un riesgo significativo cuando ciertos expertos, desde una perspectiva patrimonialista, hacen lecturas ‘a modo’ del paisaje, donde la generación de conocimientos en este nuevo momento del capital “ya no es legitimada por su utilidad para la nación ni para la humanidad, sino por su capacidad de generar determinados efectos de poder” (Castro-Gómez, 2007: 85).

La región donde se ubica este municipio es de gran relevancia histórica y ambiental. Estos pueblos agrícolas, situados en una posición geográfica estratégica tanto en términos ambientales como comerciales, facilitaron el desarrollo de urbes como Teotihuacán y Cantona, así como el fortalecimiento de la economía hacendaria desde la Colonia hasta finales de la década de los treinta del siglo XX. Sin embargo, estos aspectos siguen siendo un privilegio del conocimiento especializado y no se han difundido en las comunidades locales. Al mismo tiempo, los instrumentos y mecanismos de protección para zonas de alta importancia hídrica, como el listado RAMSAR, han ignorado y olvidado los axalapascos o lagos cráter, como la Laguna de Totolcingo y su área de pantano, que forman parte de la segunda cuenca de agua dulce más importante del estado de Puebla. La instalación de una serie de proyectos industriales durante el periodo neoliberal ha llevado a que esta región sea actualmente denominada una ‘Región de Emergencia Ambiental’, donde las poblaciones han

sido despojadas sistemáticamente de sus tierras, su agua y, con ello, de sus formas de reproducción de vida.

El arribo de Audi y Ciudad Modelo

En el transcurso de la construcción de la plataforma de 400 hectáreas donde se ubica el clúster industrial Audi, tuvieron que elevar el terraplén cuatro metros por encima de la superficie pantanosa, del Chiapa del Lago de Totolcingo, para ello fue necesario socavar varios bancos de material de tezontle y tepetate. El impacto de la extracción de estas minas a finales de 2012 provocó la indignación y preocupación por las localidades afectadas directamente por la erosión que afectó sus terrenos.

La explotación de los bancos de material arrasó casi por completos sitios arqueológicos y sus entornos paisajísticos; este es el caso de lo ocurrido en el Sitio de Ojo de Agua, lugar que además resultó afectado en sus mantos freáticos, por lo que el banco que explotaba tezontle fue clausurado por parte de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, pues como tantos otros requerimientos, a 4 años de haber comenzado su explotación, no se contaba con la autorización de Impacto Ambiental expedida por la SEMARNAT. La gente aún recuerda que en 2014 se comentaba entre los trabajadores de la obra un suceso inusual que poco a poco dio como resultado a una leyenda. Se comentaba que uno de los vigilantes del banco contó que se le había aparecido una serpiente, en otras versiones, se afirmaba que era una sirena o un pez gigante, cual quiera que fuere, la figura fantástica le advirtió que, si se seguía explotando el banco, el agua se iba a escasear. Algunas personas comentan que antes de la llegada de las obras, en los manantiales se llegaba a ver un pez de gran envergadura, que era el corazón del manantial, pero que cuando comenzaron a extraer el tezontle, el ser fantástico desapareció.

Con la llegada de especialistas del INAH-Puebla a finales de mayo de 2013, se pudo medir el impacto en algunos de los sitios arqueológicos de la zona. Se estimó que una quinta parte de las afectaciones directas fueron causadas por los trascabos, sin contabilizar los efectos del tráfico de piezas arqueológicas y el subsecuente saqueo que esto desencadenó. Los pobladores solían salir a ‘pescar’ piezas arqueológicas, ya que tenían pedidos por parte de ingenieros y personal de las empresas a cargo de las obras (Suárez & Luján, 2013). Una pequeña figura podía venderse por \$5 pesos, mientras que una pieza completa podría alcanzar precios de entre \$20 y \$500 pesos (Comunicación personal). Además, es común la presencia de saqueadores profesionales o ‘buscadores de tesoros’, equipa-



Figura 5 Propuesta de ilustración de leyendas y memoria colectiva. Fuente: Luján Pinelo J. (Tesis doctoral en proceso)

dos con detectores de metales, quienes sostienen la mitología de que las haciendas están llenas de tesoros o que esta área fue parte de la ruta que tomó Venustiano Carranza en su huida hacia Veracruz, transportando el ‘Tesoro de la Nación’. Según versiones locales, parte de este tesoro se perdió cuando uno de los vagones del tren se descarriló, esparciendo riquezas a lo largo de la zona; otras historias sugieren que las carretas, cargadas con tanto oro, iban dejando caer piezas en los caminos o que algunos tesoros fueron enterrados estratégicamente. Lo cierto es que se han destruido importantes sitios arqueológicos, haciendas y casonas antiguas, con el beneplácito de las autoridades locales.

Durante el desarrollo de las obras, las mujeres fueron particularmente vulnerables, ya que, para poder trabajar en las empresas como afanadoras, checadoras, auxiliares de topografía o en otros puestos que les permitían ocupar, no estaban exentas del hostigamiento y abuso sexual. No era un secreto que líderes sindicales, ingenieros y supervisores de las empresas condicionaban el empleo a cambio de favores sexuales. Además de la inseguridad inherente a un proceso de construcción, las mujeres tenían que soportar acoso en todos los espacios donde se desarrollaban las obras, enfrentando desde miradas y silbidos, hasta comentarios inapropiados y tocamientos mientras transitaban por el área. Otro cambio en el paisaje fue la proliferación de cantinas o ‘centros recreativos’, donde las mujeres son exhibidas—y aún lo son—como la principal atracción. Mujeres voluptuosas, prácticamente sin ropa, adornan los espectaculares que anuncian estos locales (Luján Pinelo & Cervantes Martínez, 2014).

Pese a que hubo recelo y cautela por parte de algunos sectores (Vega, 2014), la mayoría reconoce que se dejaron llevar por las promesas de mejora en su calidad de vida y de que sus hijos e hijas tendrían prácticamente asegurado el trabajo con la instauración de la nueva planta. Hasta el año 2023, apenas el 4% de trabajadores de la planta automotriz son

de la región, la mayoría de los trabajadores proviene de otras regiones y estados, mientras que los habitantes de la zona que no son contratados por Audi, son reclutados por las empresas proveedoras de la firma alemana, con salarios 50% menores y en condiciones de precariedad laboral que contrasta con la de los *audianos*, forma en que se identifica a la ‘élite’ de trabajadores.

Debido a la falta de motivación de las y los jóvenes para entrar a la industria, se han instrumentado varias actividades: ferias, charlas motivacionales y programas por parte de grupos empresariales como el Grupo Excelencia quienes integran la financiación de FEMSA, Fundación Coppel, Nubank, Futuro IAP, entre otros, para su programa Enseña por México, iniciativa con la que buscan insertar en la generación joven ideas ‘útiles’ para mantener vivo el espíritu y la fe en el capitalismo y el neoliberalismo, ideas tales como el éxito individual, la productividad, el aspiracionismo, la innovación tecnológica y de esperanza en la tecnología como la solución a los grandes problemas globales. “Aprovechen que tienen la oferta laboral aquí mismo, ya no tienen que irse a Puebla u otro lado; ya no tienen que andar de albañiles; estudien, échense ganas, pesa más una pala que un lápiz; aspiren a más chavos, no es lo mismo llorar en un Audi que en una bicicleta” les incentivaba en una plática motivacional a los estudiantes de bachillerato uno de los trabajadores de la planta automotriz (Diario de Campo 17 de marzo de 2022).

Prácticamente toda la oferta educativa de nivel superior, lo mismo de la Universidad Tecnológica Bilingüe Internacional y Sustentable (UT-BIS), que de la Benemérita Universidad de Puebla (BUAP), de la Universidad Tecnológica de Puebla (UTP), del Centro de Especialización de Recursos Humanos de Alto Nivel en el Sector Automotriz (CERHAN), y a partir de febrero de 2024 del Instituto Politécnico Nacional (IPN) están encaminadas a formar personal técnico e ingenieril. Audi ejerce presión sobre las escuelas, sobre todo de nivel medio superior, para que adapten sus planes educativos, para que los jóvenes se empoderen y ‘se enamoren’ del modelo industrial.

Sin embargo, muchos de los estudiantes simplemente no aspiran a ser obreros, puesto que tienen otros intereses profesionales en ciencias de la tierra, ciencias sociales, humanidades y artes, pero debido a que la oferta es limitada, muchos tendrán que migrar a otras regiones para continuar sus estudios, los que no cuenten con las posibilidades para moverse, tendrán que conformarse con la oferta más próxima, algunos de ellos incluso ven más viable integrarse a las actividades de huachicoleo de combustible, pues consideran que si el objetivo es hacer dinero, les reditúa más una

hora de trabajo en la industria criminal que una semana como trabajador de la planta, sin considerar seriamente los riesgos que esta actividad conlleva. Además, muchos jóvenes que logran ingresar a la planta no logran mantenerse en sus puestos, según argumenta la empresa, debido a que no se adaptan a doblar turnos de 48 horas, a cumplir con la política de no llegar bajo los efectos del alcohol, a evitar faltar al trabajo por acompañar a su esposa al médico o por celebraciones religiosas, o simplemente porque no alcanzan los niveles de producción esperados por la empresa debido a su deficiente formación en habilidades lógico-matemáticas.

De ahí que Audi impulse que las mujeres sean contratadas como operarias, ya que, por cuestiones de género, estas tienden a ser más comprometidas con el trabajo y del cuidado con la imagen de la empresa. Pese a que esto suele verse como un punto a favor de las políticas de inclusión de género, el problema que enfrentan las mujeres es que lo hacen sin dejar de lado el trabajo doméstico no remunerado y la labor de los cuidados, incluso teniendo que subcontratar a otras mujeres de la familia para apoyarlas, lo cual genera una serie de conflictos en la crianza y la salud en las que ellas pagan el costo. Sobre esto, doña Alicia, médica tradicional de Nuevo Vicencio reflexiona:

Pues ventajas (de la llegada de Audi) porque, tiene trabajo. Desventajas porque muchos varones se...mmm... O sea, piensan que como ya tienen trabajo las mujeres, como que ya ellos se desentienden de ellas. Sí, aunque ellos trabajen, pero pues ya también que ya no es. Ya no es la misma unidad como parejas. Bueno, yo digo así porque veo algunas parejas que se van a trabajar y eso y ya agarra cada quien su camino, es lo que yo veo. A lo mejor me estoy engañando, pero yo veo así cuando vienen y me dicen “¡Ay!, fíjese que pues me pagaron mi dinero y mi esposo me dijo esto, me dijo lo otro, ¡apóyeme!, ¡ayúdeme!” (Entrevista 10 de febrero de 2022)

Los paisajes socioterritoriales, detonadores de acción participativa

Ante los cambios provocados por la llegada de la industria al municipio, un grupo de mujeres se organizó para asegurar que los bienes arqueológicos descubiertos en la zona permanecieran en el municipio. Siguiendo los procedimientos burocráticos, se constituyeron como una asociación y obtuvieron el reconocimiento como organismo coadyuvante del INAH. Desde 2014, las mujeres de la Asociación Civil Museo Arqueológico en Pro de la Conservación del Patrimonio Cultural de San José Chiapa (MACH) han trabajado incansablemente para gestionar un espacio digno donde albergar las piezas arqueológicas encontradas durante las exploraciones en el municipio, actualmente resguardadas en las bodegas del centro regional INAH-Puebla (Figura 6 y 7). A pesar de su entusiasmo y compromiso, no han logrado consolidar el proyecto, debido a los cambios políticos que ocurren tanto a nivel local como estatal, así como a la falta de especialistas suficientes en la institución federal para apoyar estas iniciativas sociales. Esta situación se ha visto agravada por la crisis de los museos planteada por la pandemia y la austeridad en la política cultural del actual gobierno.

Es así que el proyecto de investigación doctoral busca acompañar el proceso emprendido por las mujeres del MACH, buscando fortalecerlas con un acuerpamiento más amplio, explorando estrategias autogestivas que permitan resguardar la memoria común, de manera más amplia y



Figura 6 Mujeres del MACH con el delegado del INAH en la supervisión de excavaciones arqueológicas 2016. Tomado de: <https://www.lajornadadeorientemexico.com.mx/puebla/museo-arqueologico-de-chiapa/>



Figura 7 Vista aérea de parte de las excavaciones arqueológicas en Ciudad Modelo 2016. Archivo PAUDI 2015-2016.

menos constreñida a los lineamientos patrimonialistas. Para ello fue sustancial el manejo de metodologías participativas para generar los espacios de diálogo de saberes, de reconocimiento colectivo para la generación de acuerdos mínimos.

Las actividades de campo se llevaron a cabo tan pronto como el municipio levantó las restricciones por el confinamiento¹, lo cual fue fundamental para realizar recorridos por el territorio y reconectar con las actoras clave, con el objetivo de articularse con los principales actores sociales y comunitarios. Entre las diversas actividades realizadas, destacan dos talleres diagnósticos: uno con personas mayores de 25 años y otro con estudiantes de bachillerato. El objetivo era identificar la percepción de los cambios observados por la población, comparando las imágenes del municipio antes de la llegada del proyecto industrial con las de la generación que prácticamente creció con él. Además, se realizaron 18 entrevistas semiestructuradas en las 8 localidades del municipio con más de 100 habitantes, enfocándose en personas mayores de 60 años y buscando una muestra equitativa de género.

Esto se hizo con el fin de recopilar datos sobre las narrativas y contra narrativas, así como los significados y acciones que la gente asocia con la participación individual y colectiva en la transformación de su territorio. Para integrar al grupo generacional más joven, se organizó un concurso de dibujo en el área municipal, como parte de un esfuerzo por colectivizar a distintos actores locales y regionales. El análisis narrativo de estos dibujos tiene como objetivo contrastar lo expresado por la población adulta.

Fue sintomático que, tanto por parte de la autoridad municipal como ejidal, no se mostraran interesados en participar, aduciendo, en el caso del Comisariado, que los temas concernientes a la historia y la ecología no son aspectos que en general les interese a los pobladores “aquí lo único que genera interés es el dinero” (entrevista 10 de febrero de 2022). En el caso de las autoridades municipales simplemente prolongaron la respuesta a las solicitudes, y mostraron particular recelo a cualquier cuestionamiento que pudiera hacerse al proyecto industrial, lo cual responde de manera evidente a la lógica de la ilusión desarrollista de los gobiernos locales supuestamente “progresistas” y que justifican el extractivismo en nombre de las “ventajas comparativas” (Svampa, 2019).

El primer taller diagnóstico se realizó el 11 de marzo de 2022, al cual asistieron 7 personas 2 hombres y 5 mujeres entre los 25 y 64 años de edad. Después de un ejercicio integrador se solicitó que plasmaran, por un lado, aquellos elementos naturales y por otro los elementos culturales que identifican a su comunidad, así mismo se reflexionó sobre aquellos elementos que consideraban habían cambiado con la llegada de la empresa Audi y la Ciudad Modelo (Figura 8).

Entre las reflexiones generadas, surgió la idea de que la relación con el entorno siempre fue fundamental. A pesar de las modestas condiciones de sus viviendas, nunca atravesaron hambrunas, ya que la tierra proporcionaba el sustento necesario. Las personas mayores expresan un sentimiento de orgullo por su origen campesino y por el esfuerzo que han hecho para continuar con esta tradición. Reconocen que el trabajo agrícola es duro, pero creen que sus antecesores enfrentaron mayores dificultades, dado que tenían un mayor número de hijos, lo que les obligaba a trabajar aún más arduamente para mejorar sus condiciones de vida. Manifiestan el deseo de que las nuevas generaciones no abandonen el campo, que lo mantengan, lo cuiden y, si es posible, lo mejoren, sin perder de vista su importancia. Sin embargo, consideran que los jóvenes están olvidando sus orígenes y ya no prestan atención a este legado, lo cual les preocupa profundamente.

Sin embargo, la experiencia en el taller diagnóstico del 17 de marzo del 2022 con un grupo de 11 estudiantes de primer año del Bachillerato Oficial Juan de Palafox y Mendoza, indica lo contrario: la generación joven está atenta a lo que pasa en su entorno, pero lo ven bajo el tamiz de las redes sociales. La mayoría de los participantes muestran preocupación particularmente por las problemáticas ambientales; en segundo lugar, los problemas sociales y económicos y, en tercero, las problemáticas de índole cultural. Consideran que actualmente son mayores los impactos negativos



Figura 8 Primer taller. Fuente: Luján Pinelo J. (Tesis doctoral en proceso)



Figura 9 Segundo taller. Fuente: Luján Pinelo J. (Tesis doctoral en proceso)

y los conflictos que los beneficios y transformaciones, pues estos siguen siendo escasos, pero opinan que se debe a que aún es muy poco el tiempo para evaluar el éxito o fracaso de ese proyecto. Consideran que la tecnología debe ser aplicada para resolver los problemas críticos del municipio, y para mejorar las condiciones de vida de los habitantes. “Yo me imagino un robot que ayude a los campesinos con la siembra y cosecha, para que las personas no se cansen y sigan generando alimentos”, comenta una de las estudiantes (Figura 9).

A mediados de agosto de 2022 se lanzó la convocatoria de un concurso de dibujo en el área municipal *Así ve mi gente este pueblo que soy*. En su origen se propusieron tres categorías: infantil, juvenil y adultos, con premios en especie para las primeras categorías y dos premios económicos para la categoría adultos. Sin embargo, la resistencia por parte de las autoridades municipales y ejidales debido a que este tipo de actividades podían dañar la imagen de la empresa y que, en todo caso, debía solicitarse la venia y alinearse a los intereses políticos y económicos, —pese a que se buscó promover también por las redes sociales— este se construyó a la participación de los jóvenes de bachillerato gracias a la promoción que hizo el director de dicha institución, a través del personal docente. El objetivo general que planteó el concurso, era propiciar un espacio para reflexionar, expresar y compartir la diversidad de paisajes en el territorio del municipio de San José Chiapa, más allá del enfoque turístico y comercial, de sus transformaciones a través del tiempo, en conexión con el entorno en que cada persona habita y con visión medioambiental. Con esta convocatoria

se buscaba que los participantes expresaran de manera artística su manera de ver el paisaje, utilizando los materiales para hacer la pintura o dibujo que se tuvieran al alcance.

Participaron 72 trabajos, 26 mujeres y 33 hombres (3 trabajos fueron enviados sin datos), de los cuales fueron premiados los 5 primeros lugares y 12 menciones honoríficas. Se hizo una exposición física de los trabajos el 29 de octubre de 2022 en las instalaciones del Bachillerato General Oficial Juan de Palafox Mendoza y una exposición virtual en la página: <https://paisajesdesanjoschiapa.blogspot.com/>, la cual aún se puede consultar en línea.

Los temas más recurrentes iconográficamente son: el templo católico de San José Chiapa, en tanto que emblema del municipio el cual fue representado en 22 trabajos, 17 de ellos abordan el medioambiente, dentro de los cuales se representa mayoritariamente lo bucólico y en 4 casos el tema de la crisis socioambiental, 9 de estos representan el parque central, 6 más el edificio del ayuntamiento, 5 abordan distintas haciendas, 4 más identifican otros edificios públicos, como la clínica de salud, el auditorio, la estación de tren, la cancha de fútbol, 3 de ellos representan proyecciones sobre el futuro a través de la imagen de una carretera, uno alude al carnaval, y sólo 1 a la planta Audi.

Desde un análisis semiológico y narrativo, estas imágenes reflejan la diversidad y complejidad de un mismo elemento en el paisaje, el cual necesariamente atraviesa la trayectoria personal de los participantes. Por ello, los elementos comunes que desde una perspectiva patrimonialista podrían considerarse como identitarios, no siempre lo son. De hecho, pueden ser percibidos como objetos de denuncia, como deseo o propuesta de organización, más que una mera evocación identitaria. Un ejemplo de esto se encuentra en las obras ‘El Progreso’ y ‘El mundo de San José Chiapa’, que muestran paisajes bucólicos con elementos coincidentes, como los cerros, la vegetación y el camino como símbolo de posteridad. Sin embargo, los títulos de las obras ofrecen narrativas diferentes: por un lado, ‘El Progreso’ presenta una crítica a la idea de desarrollo que plantea el joven autor (figura 10); por otro lado, ‘El mundo de San José Chiapa’ muestra que, según la autora, la vida social y comunitaria, está integrada al mundo natural (figura 11)

Dos de los trabajos que expresan la disputa del paisaje socioterritorial son la obra “Dos mundos diferentes” de Lizzet Espinosa (figura 12) quien plasma un paisaje que se disputa entre el discurso político que denuncia a una masa amorfa una serie de promesas, la autora plantea un paisaje

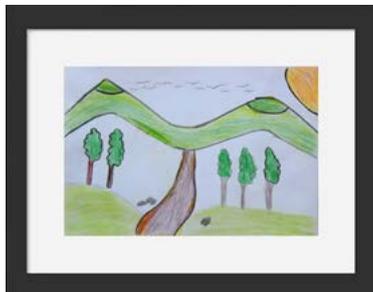


Figura 10 y 11 “El Progreso” de Visueth Durán y “El mundo de San José Chiapa” de Brendis. Fuente: <https://youtu.be/cRpIkhB81eE?si=AchxxzVIhbwhwlRf>



Figura 12 y 13 “Dos mundos diferentes” de Lizzet Espinosa y “Lo de todos los días” de Roberto Hernández. Fuente: <https://paisajes-desanjosechiapa.blogspot.com/2022/11/exposicion-grafica.html>

utópico donde ya no existe la pobreza, ni las drogas, donde las mujeres pueden caminar en las calles sin miedo, sin embargo, centra un paisaje más realista, donde el entorno se ve afectado por la deforestación, la creciente pobreza, los feminicidios, la presencia de armas y drogas, así como protestas sociales. Por su parte Roberto Hernández en su obra “Lo de todos los días”, denuncia de manera potente la crueldad que atraviesa el despojo del cuerpo-territorio (figura 13).

De las diversas voces y sentires de los habitantes de San José Chiapa emerge una percepción generalizada de que las transformaciones socio-territoriales han ocurrido de manera demasiado apresurada. Aunque muchos coinciden en que el cambio era necesario, especialmente por la falta de infraestructura para servicios sociales, y celebran la llegada de nuevas

opciones educativas y de salud, también expresan preocupación por la falta de información, lo cual les vulnera en su participación y toma de decisiones referentes a la transformación de su municipio. El chisme sigue siendo la estrategia comunicativa predominante, ya que la información a través de los canales institucionales y medios locales no fluye de manera adecuada; en muchos casos, está cooptada, lo cual genera desconfianza. Como resultado, los proyectos suelen ser desconocidos por la población hasta que la obra está casi terminada o tiempo después, cuando el cambio en el paisaje se vuelve evidente.

Conclusiones

La experiencia hasta el momento nos muestra que las narrativas hegemónicas de control y subordinación sobre el territorio de San José Chiapa han intentado desarticular las redes colectivas, promoviendo un discurso centrado en el éxito individual y el temor hacia los otros. Esto se ha logrado mediante la patrimonialización y la reproducción de la lógica del individuo y las libertades capitalistas, donde el entorno natural se percibe únicamente como una base material de explotación, un razonamiento que también se aplica al cuerpo-territorio. Ante la parálisis que provoca el miedo, es necesario generar, desde la investigación, acciones y espacios de encuentro y diálogo intercultural. En este contexto, el paisaje se convierte en un pretexto y un detonador para, a través del juego, el debate, la escucha y el compartir, reflexionar sobre el impacto de la industria en las formas de vida de los habitantes de San José Chiapa. Esto incluye tanto los impactos positivos como los negativos en su entorno ambiental, social, cultural, político y económico, e imaginar otras formas de relación que permitan contrarrestar el modelo hegemónico.

Las mujeres del MACH reconocen en este proceso de dialogo colectivo, primeramente que son mujeres de una enorme fortaleza, primeramente como madres y abuelas, pero también como ejidatarias, como parte de un equipo más amplio en el proyecto Sembrando Vida, y en los Huertos Colectivos, como emprendedoras, que el empoderamiento que les ha dotado el ejercicio de gestión del proyecto del museo, que si bien no han materializado aún, les permite asumirse como promotoras de la memoria de su pueblo, pues se han enriquecido del conocimiento académico y no académico.

A partir de las actividades generadas desde el proyecto académico se lograron identificar a diversas personas que accionan en el territorio para la conservación de los bienes comunes, académicos y no académicos,



Figura 14 Relleno intermunicipal de San José Chiapa, al fondo a la derecha se aprecia el casco de la exhacienda de San Isidro Ovando. Foto: Concepción Juárez.



Figura 15 La planta automotriz Audi en San José Chiapa. Tomada de: <https://veridicopuebla.mx/2023/07/30/a-10-anos-de-su-primera-piedra-audi-mexico-impacto-a-san-jose-chiapa-y-a-sus-habitantes/>.

cuyas acciones son en la mayoría de los casos individuales o en colectivas emergentes en el municipio de Chiapa y en los municipios vecinos, de tal forma que surgió la necesidad de enlazar acciones y comunicación regional, además de poder acceder a la información académica en un lenguaje sencillo que les permita fortalecerles. Es así que surge la Red Colaborativa de Paisajes San José Chiapa, en un ejercicio de ampliar las capacidades de comunicación y acción de los bienes naturales y culturales de Chiapa y la región impactada por Audi y la Ciudad Modelo (figura 14).

En el momento actual las presiones sobre el territorio se reactivan con el impulso de una serie de proyectos en la zona, como la implantación y ampliación de un relleno intermunicipal (figura 15), así como presiones a ejidatarios para la venta de sus parcelas bajo especulaciones, aprovechando el cambio de administración local y federal, por otro lado, grupos activos de agricultores buscan convertirse en agentes de regeneración de suelos y de su porción de la cuenca con el programa federal de sembrando vida. De ahí la importancia del espacio virtual en esta experiencia colectiva, la cual se ha convertido en una herramienta para la democratización del conocimiento, de encuentro colectivo de saberes, en retroalimentación con los distintos aportes de los agentes de la red y de los informantes sobre aquellos bienes comunes, lo mismo locales que regionales, aunque eso no podría jamás suplir, ni remotamente, el acuerpamiento y la carga de energía que implica el contacto real, el encuentro y la convivencia presencial.

Referencias bibliográficas

- Alberto, J. A. (2009). Geografía y crecimiento urbano. paisajes y problemas ambientales. *Geográfica Digital*, 6(11), 1–5. <https://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo11/contenidos/paisa2.htm%0A>
- Cabrera, B. V. (2016). El nodo territorio-epistemología ausencias, presencias e implicaciones. En B. V. Cabrera & V. E. Licona (Eds.), *Para pensar el territorio. Elementos epistémicos y teóricos* (1a ed., pp. 21–50). BUAP/ICSYH/FA/FFyL.
- Castellanos Arenas, M. (2017). El paisaje patrimonial: un territorio por explorar. En BUAP- Ediciones E y C (Ed.), *Paisajes Patrimoniales. Investigación y gestión en el siglo XXI* (1ra ed., pp. 29–50).
- Castro-Gómez, S. (2007). Decolonizar la universidad. La hybris del punto cero y el diálogo de saberes. En S. Castro-Gómez & R. Grosfoguel (Eds.), *El giro decolonial: reflexiones para una diversidad epistémica más allá del capitalismo global* (1a ed., pp. 79–92). Siglo del Hombre Editores; Universidad Central, Instituto de Estudios Sociales Contemporáneos y Pontificia Universidad Javeriana, Instituto Pensar.
- CONAGUA. (2020). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Libres-Oriental (2102), Estado de Puebla. *En Diario Oficial de la Federación* (pp. 1–10). Comisión Nacional del Agua. https://docs.google.com/viewer?url=https%3A%2F%2Fwww.gob.mx%2Fcms%2Fuploads%2Fattachment%2Ffile%2F103300%2FDR_2102.pdf
- Fernández-Christlieb, F., & Ramírez-Ruiz, M. (2016). El concepto de “paisaje” en lengua castellana: Una hipótesis geográfica de sus equivalencias en la Nueva España de los siglos XVI y XVII. *Journal of Latin American Geography*, 15(2), 79–99. <https://doi.org/10.1353/lag.2016.0019>
- Giménez, G. (1999). Territorio, cultura e identidades. *Estudios sobre la cultura y las identidades sociales*, V (9), 115–148. <https://doi.org/10.2307/j.ctvdmwzr4.9>
- Luján Pinelo, J., & Cervantes Martínez, A. (2014). Experiencias laborales femeninas en Audi. *Seminario Permanente de Estudios de Género: Lo Local y Lo Global*. DEAS/UAM/CEAM. Conferencia inédita.

- Mastretta, G. S., & Silva, C. M. E. (2019). *La trama Audi. Componentas de un gobierno autoritario*. Puebla contra la corrupción y la impunidad A.C.
- Nogué, J. (2015). Emoción, lugar y paisaje. En *Paisaje y emoción. El resurgir de las geografías emocionales*. (pp. 137–147). Observatorio del Paisaje de Cataluña/ Universidad Pompeu Fabra. http://www.captpaisatge.net/fitxers/publicacions/teoria_paisaje2/tp_8.pdf
- OSE, O. (2018). Patrimonio natural, cultural y paisajístico: Claves para la sostenibilidad territorial. *“Patrimonio”: Economía cultural y educación para la paz* (Mec-Edupaz), 2(14), 271–288.
- Rodríguez Wallenius, C. A. (2017). Geopolítica local y paisaje: la defensa comunitaria del territorio. En *El paisaje: reflexiones y métodos de análisis*. (1ra., pp. 291–313). Lirio/UAM.
- Sánchez, F., & Moura, R. (2005). Ciudades-modelo: Estrategias convergentes para su difusión internacional. *Eure*, 31(93), 21–34. <https://doi.org/10.4067/s0250-71612005009300002>
- Sánchez Hernández, A. A., Teutli León, M., & Hurtado Mireles, M. (2017). Status quo de la región de San José Chiapa, Puebla ante la llegada de Audi. En A. A. Sánchez Hernández & M. Teutli León (Eds.), *San José Chiapa, Puebla, México ante la llegada de Audi. Vol. 1* (1ra ed., pp. 19–36). BUAP.
- Sánchez Porras, A. (2018). *Análisis del cambio en el régimen de servicios ambientales, debido al proceso de industrialización en San José Chiapa, Puebla* [Tesis de grado doctorale en Ciencias Ambientales]. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Suárez, C. S., & Luján, P. J. (2013). *Informe Técnico del Proyecto Audi. Prospección, supervisión y rescate arqueológico en el área que ocupa la planta Audi, sus bancos de materiales y obras colaterales, Puebla*. INAH-Puebla.
- Svampa, M. (2019). *Las fronteras del neoextractivismo en América Latina. Conflictos socioambientales, giro ecoterritoriales y nuevas dependencias*. (1a ed.). Calas. <https://doi.org/https://doi.org/10.14361/9783839445266>
- Vega, P. B. M. (2014). *Transformación del sistema socioambiental en San José Chiapa. Espacio y paisaje en torno a Audi* [Tesis de Maestría en Análisis Regional]. Universidad Autónoma de Tlaxcala.

- Vélez, P. F., Espinoza, T. I., Garci-Crespo, R., & Paredes, Juárez Erik O. y Navarro, S. N. (2013). *Programa subregional de desarrollo urbano sustentable de Mazapiltepec, Nopalucan, Rafael Lara Grajales, San José Chiapa, Soltepec*. ICSYH-BUAP. <https://pueblacontralacorrupcion.org/wp-content/uploads/2019/10/30-PROGRAMA-SUBREGIONAL-BUAP-4-nov-13.pdf>
- Vergara, F. A. (2016). Del espacio al territorio y al lugar y viceversa. En V. Lilia. V. C. López, C. M. Figueroa, & C. J. R. García (Eds.), *Territorios y espacialidades. Abordamientos disciplinares* (1a ed., pp. 27–62). BUAP/ICSYH/FA/FFyL.
- Weber, M. (1979). *El político y el científico* (5ta ed.). Alianza.

Notas

i El trabajo de campo se desarrolló entre el 10 de enero de 2022 y el 5 de diciembre de 2023.

Wilfrido Miguel Contreras Sánchez

Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Pablo Marín Olán

Director de Difusión, Divulgación Científica y Tecnología

Analuisa Kú Ortiz

Jefa del Departamento Editorial de Publicaciones
No Periódicas

Hacia un territorio sostenible: Explorando la interacción humano-naturaleza en México
se terminó de editar para su versión electrónica en el mes de agosto del año MMXXIV.
Índigo Estudio Creativo

Tabasco, México.

COLECCIÓN
JOSÉ N. ROVIROSA
Biodiversidad, desarrollo sostenible y trópico húmedo