

Abordaje transdisciplinario de la problemática socioambiental en una cuenca en el occidente de México

Towards a transdisciplinary approach to socio-environmental problems in a watershed in western Mexico

Recibido: 14 de septiembre de 2024 | **Aceptado:** 21 de abril de 2025 | **Publicado:** 18 de agosto de 2025

■ Primer autor

Diego Subercaseaux-Ugarte

Universidad Nacional

Autónoma de México

Chile

dsuberca@uc.cl

 0000-0001-9236-3607

■ Segundo autor

Javier Guzmán-Sánchez

Universidad Nacional

Autónoma de México

México

javier.guzman@enallt.unam.mx

 0000-0002-1077-7425

■ Autor de correspondencia

■ Tercer autor

Eduardo Arturo Tapia-Lemus

Amigos de Sian Ka'an A.C.

México

edartaletapia@gmail.com

 0000-0002-1094-6612

■ RESUMEN

Muchos problemas trascendentales de nuestra época, así como el desafío socioambiental actual, requieren la articulación e integración de conocimientos. En el origen de este estudio, el Instituto Municipal de Planeación de Morelia (IMPLAN) identificó, mediante herramientas e instancias participativas, ciertos problemas en áreas rurales de dicho municipio, ante lo cual se generó una colaboración e interfaz entre IMPLAN - equipo académico (UNAM) - comunidades locales. En el presente estudio, se abordó la microcuenca de la Presa de Umécuaro (MPU), tributaria de la presa de Cointzio, la que abastece alrededor del 30% del agua potable a Morelia, capital del estado de Michoacán. El objetivo de esta investigación fue identificar los principales problemas socioambientales desde la perspectiva de los actores locales, abordar la calidad del agua y cambios de uso de suelo y deforestación por expansión de huertas de monocultivo de aguacate, y las expectativas locales. Con una aproximación y posicionamiento transdisciplinario, se incorporaron elementos propios de dicho enfoque como el abordaje de “problemas del mundo real”, combinar herramientas de distintos campos científicos, análisis cualitativo (entrevistas semiestructuradas a profundidad) y cuantitativos (análisis de agua e índice de

PALABRAS CLAVE:

- cambio de uso de suelo forestal
- agricultura intensiva de aguacate y *berries*
- calidad del agua
- interfaz ciencia-política
- investigación participativa
- microcuenca Presa de Umécuaro Michoacán,
- sustentabilidad

CÓMO CITAR: Subercaseaux Ugarte, D., Guzmán Sánchez, J., & Tapia Lemus, E. A. (2025). Abordaje transdisciplinario de la problemática socioambiental en una cuenca en el occidente de México. SUSTENTABILIDADES Miradas Desde América Latina. Recuperado a partir de <https://sustentabilidades.unam.mx/revista/ojs-app/index.php/smdal/article/view/146>

vegetación diferencial normalizado o NDVI), diálogos intersectoriales, y devolución de resultados y conclusiones diferenciadamente a comunidades locales e IMPLAN. Mediante las entrevistas, se identificaron tres grupos de problemas: acelerado cambio de uso de suelo; calidad de agua y proliferación de plantas acuáticas; cambios en aspectos sociales. El NDVI arrojó que la mayor parte del área muestra alto grado de degradación vegetal y, a la vez, en ciertos años el vigor de la vegetación incrementó en algunos sitios. Por su parte, el análisis del agua mostró que en general las muestras de agua están dentro de límites de buena calidad según los usos en cada punto de muestreo; en manantiales resalta la presencia de coliformes, pH cáustico, y turbidez, para uso doméstico. Se muestran atributos y desafíos del enfoque transdisciplinario en estudios socioambientales de cuencas, y también recomendaciones relacionadas con ordenamiento territorial ecológico, manejo agroecológico, calidad del agua, plantas acuáticas y turismo. La continuidad de los problemas identificados impactará negativamente las condiciones de vida locales en la MPU. Este estudio, el cual correspondió a una experiencia formativa transdisciplinaria del Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad de la UNAM, busca aportar al abordaje integral de problemas socioambientales y a la co-construcción de procesos para la sustentabilidad.

■ ABSTRACT

Many transcendental problems of our epoch and the current socio-environmental challenge, require the articulation and integration of knowledge. At the origin of this study, the Municipal Planning Institute of Morelia (IMPLAN) identified, through participatory tools and instances, certain problems in rural areas of said municipality, in response to which a collaboration and interface between IMPLAN - academic team (UNAM) - local communities was generated. In the present study, the Umécuaro Dam Micro-watershed (MPU) was addressed, a tributary of the Cointzio Dam, which supplies around 30% of the drinking water to Morelia, capital of the state of Michoacán. This research aimed to identify the main socio-environmental problems from the perspective of local actors, address water quality and changes in land use and deforestation due to the expansion of avocado monoculture orchards, and local expectations. With a transdisciplinary approach and positioning, elements of this approach were incorporated, such as addressing “real-world problems”, combining tools from different scientific fields, qualitative analysis (in-depth semi-structured interviews) and quantitative analysis (water analysis and normalized differential vegetation index or NDVI), intersectoral dialogues, and feedback of results and conclusions to local communities and IMPLAN. Through the interviews, three groups of problems were identified: accelerated change in land use; water quality and proliferation of aquatic

KEYWORDS:

- forest land use change
- intensive avocado and *berries* agriculture
- water quality
- science-policy interface
- participatory research
- Umécuaro Dam Micro-watershed, Michoacán
- sustainability

plants; changes in social aspects. The NDVI showed that most of the area shows a high degree of vegetation degradation and, at the same time, in certain years the vigor of the vegetation increased in some places. In turn, the water analysis showed that the water samples in general are within good quality limits; in springs the presence of coliforms, caustic pH, and turbidity stands out, for domestic use. The attributes and challenges of the transdisciplinary approach in watersheds' socio-environmental studies are presented, as well as recommendations related to ecological territorial planning, agroecological management, water quality, aquatic plants, and tourism. The continuity of the identified problems will negatively impact local living conditions in the MPU. This study, which corresponded to a transdisciplinary formative experience of the Postgraduate Program in Sustainability Sciences at UNAM, seeks to contribute to the integral approach of socio-environmental problems and the co-construction of processes for sustainability.

■ INTRODUCCIÓN

Desde hace décadas, en el marco de la problemática socioambiental, ha ocurrido la modernización e industrialización rural (Guzmán *et al.*, 2000; Toledo *et al.*, 2002; Toledo y Barre-ra-Bassols, 2008; Subercaseaux *et al.*, 2021). La transformación de las áreas rurales, la agricultura industrial y su expansión y el consiguiente cambio de uso del suelo (CUS), causan deterioro ambiental, contaminación en suelo y agua, deforestación, reducción de diversidad biocultural e impactan las formas de vida y el bienestar de las comunidades locales (Guzmán *et al.*, 2000; Altieri y Toledo, 2011). Tales problemas socioambientales ejemplifican la complejidad al estar constituidos por varios subproblemas correspondientes a dominios de diferentes campos, disciplinas científicas y sectores sociales (Klein, 2004). El desafío socioambiental actual requiere construir aproximaciones integradoras, transitando hacia un paradigma articulador, participativo y colaborativo, uno holístico-constructivista (Gastó *et al.*, 2012; Röling, 2000). Desde los años noventa, gran parte de los académicos concuerdan en que abordar los problemas sociales y de sustentabilidad más cruciales requiere un enfoque transdisciplinario (Weinstein, 2010; Jahn *et al.*, 2012; Lang *et al.*, 2012).

La transdisciplinariedad aborda la complejidad. Requerimos nuevos tipos de lógica que permitan la fertilización cruzada entre disciplinas y campos del conocimiento, en la ciencia y más allá de sus límites (Max-Neef, 2005). Tal aproximación transdisciplinaria provee un marco conceptual y metodológico abarcativo que facilita la articulación e integración entre diferentes cuerpos de conocimiento que participan en la investigación ante problemáticas complejas (Lang *et al.*, 2012). La lógica transdisciplinaria es una herramienta propicia para integrar percepciones variadas, a veces opuestas (Nicolescu, 2005 y 2014); se requiere transitar hacia una lógica circular (Morin, 1990). Su principal desafío cognitivo es la integración (Jahn *et al.*, 2012), implicando procesos y comprensiones metacognitivas (Gonfiantini, 2021). Actualmente existen varias escuelas de transdisciplinariedad (Klein, 2004 y 2014; Nicolescu, 2005), y un cuerpo conceptual sólido y herramientas metodológicas aplicables (Nicolescu, 2014). La

propuesta de la Conferencia Internacional sobre Transdisciplinariedad de Zúrich, realizada en el año 2000 (Klein *et al.*, 2001), se refiere al abordaje de “problemas del mundo real”, es decir problemas de relevancia para la vida diaria de ciertos actores sociales específicos (Lang *et al.*, 2012), como un objetivo epistémico de la investigación transdisciplinaria (Jahn *et al.*, 2012). Son cruciales las prácticas colaborativas entre científicos de diferentes campos y actores externos a la academia (Spangenberg, 2011; Lang *et al.*, 2012). En México existen experiencias de colaboración transdisciplinaria en diferentes regiones, por ejemplo, en relación con el trabajo de la tierra y defensa del territorio, cuidado del agua multiactoral, agroecología integradora, trabajo en red, interculturalidad, entre otros (Merçon, 2018). La “investigación transdisciplinaria de sustentabilidad” se ha definido como una “práctica de interfaz” ya que integra dos formas de abordar sus problemas: explorar nuevas opciones para abordar problemas sociales o del mundo real, y desarrollar enfoques, métodos y conocimientos valiosos para la ciencia (Lang *et al.*, 2012). En la investigación transdisciplinaria de sustentabilidad se busca que los conocimientos generados se integren en: (a) implementación y práctica social, por ejemplo, implementación de programas generados durante la investigación y/o herramientas territoriales participativas basadas en evidencia; (b) cuerpo del conocimiento y la práctica científica, por ejemplo, comparación, generalización e incorporación de resultados en la literatura científica (Lang *et al.*, 2012).

La transdisciplinariedad incluye la interacción y diálogo entre diferentes sectores sociales como ciencia, política y comunidades locales, entre otros. Muchos problemas políticos pueden abordarse dentro de los límites de ámbitos políticos preestablecidos pero, cada vez más, tales problemas son de naturaleza compleja e intersectorial, lo que hace relevantes las interfaces ciencia-política (Engels, 2005). El aporte de la esfera científica, al igual que de otros sectores sociales, es fundamental para apoyar la toma de decisiones en política pública (Borquéz González, 2017). En la interacción entre científicos y tomadores de decisión, el modelo lineal y tecnocrático de asesoramiento científico ha perdido vigencia (Van Eeten, 1999). Ocurrir, más bien, una interacción entre dos lógicas institucionales diferentes y relaciones recursivas en lugar de unidireccionales (Engels, 2005).

En los problemas socioambientales existen considerables variaciones entre las preferencias de los diferentes actores sociales, requiriéndose un abordaje y manejo intersectorial y multinivel (Klein, 2004). La transdisciplinariedad implica acción intercomunicativa, con el conocimiento transdisciplinario como resultado de la intersubjetividad (Klein, 2004), enfatizándose la participación e incorporación de diferentes perspectivas y percepciones, lo cual es una característica clave de los sistemas complejos (Casti, 1994). Esto es relevante para definir el problema y qué constituye una solución y conocimiento legítimos (Waltner-Toews *et al.*, 2003). Esta aproximación es clave para la construcción robusta de instrumentos de planificación y ordenamiento territorial (Ortega *et al.*, 2014; Braz *et al.*, 2020). La cuenca hidrográfica como unidad de estudio resulta propicia para abordar las problemáticas socioambientales complejas integrando las dimensiones biofísica y sociocultural en un todo interrelacionado y vinculando diferentes actores (Sánchez *et al.*, 2003; Ortega *et al.*, 2014; Braz *et al.*, 2020; Cotler, 2020).

El estudio que aquí se presenta surge en el año 2018, desde la colaboración entre el Instituto Municipal de Planeación de Morelia (IMPLAN), estado de Michoacán, y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Campus Morelia, en el marco del Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad (PCS). Esta investigación aportó a la toma de decisiones basada en evidencia para la construcción del Plan de Desarrollo Municipal 2018-2021, uno de cuyos ejes prioritarios es el agua en el Municipio de Morelia (IMPLAN Morelia, 2019). Después de realizar un diagnóstico rural participativo y en colaboración con las comunidades locales, Implan identificó a la Microcuenca de la Presa de Umécuaro (MPU) como un área con problemas socioambientales que requería atención, lo que motivó este estudio y las interfaces y diálogos entre Implan – equipo académico – comunidades rurales, buscando aportar a la vez en lo social y lo científico, al aplicarse y combinarse herramientas de diferentes campos científicos. La MPU ha presentado cambios variados relacionados con procesos de modernización rural, expansión de la agricultura intensiva, y la llegada de nuevos actores. Los objetivos fueron: (a) identificar, desde la perspectiva de los actores locales, los principales problemas en la MPU, así como los procesos y cambios relevantes; (b) abordar específicamente los problemas de calidad del agua y procesos de cambios de uso del suelo y deforestación relacionados con la agricultura intensiva de aguacate; (c) indagar en las expectativas de los habitantes locales. Las preguntas de investigación fueron: (a) ¿cuáles son los principales problemas en la MPU y los procesos asociados, desde la perspectiva de los actores locales?, (b) ¿cuáles son las expectativas de los habitantes locales para la MPU?, (c) ¿cómo una aproximación y posicionamiento epistemológico transdisciplinario aporta al planteamiento y abordaje integral de los procesos y problemas socioambientales en la MPU, así como en otras áreas rurales? Por el posicionamiento epistemológico focalizado en problemas del mundo real y ya que los objetivos hacen referencia a los problemas en la MPU desde la perspectiva local, no se abordaron problemas que desde otras perspectivas pueden tener relevancia, como por ejemplo el cambio climático y sus potenciales efectos en esta microcuenca. En las siguientes secciones se presenta una caracterización de la MPU, el surgimiento de este estudio y sus métodos, los principales resultados de la aplicación de las herramientas metodológicas con relación a los objetivos definidos y acordados entre IMPLAN y equipo académico, la discusión y análisis de tales resultados, incluyendo sugerencias para un abordaje basado en evidencia de la situación socioambiental del área y, finalmente, las conclusiones.

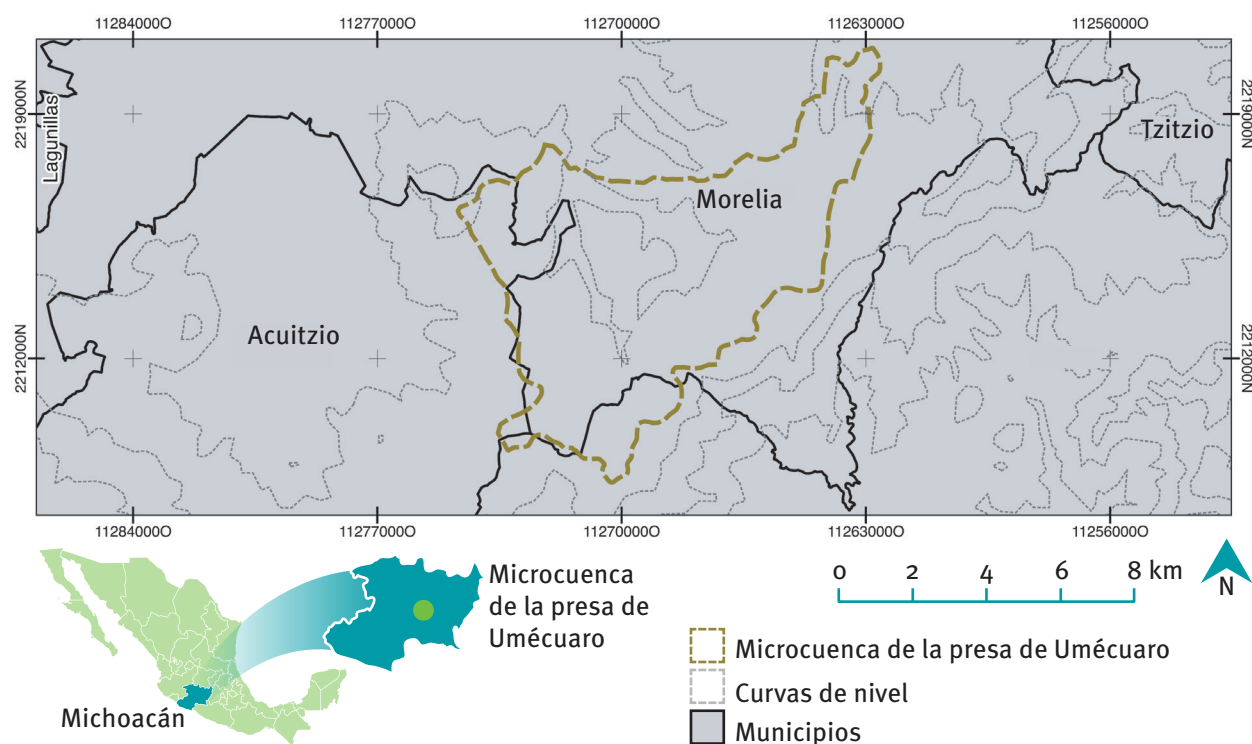
■ DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

■ Área de estudio

La MPU se localiza en el estado de Michoacán (Figura 1), en la región del Eje Neovolcánico Transversal y en la zona ecológica templada subhúmeda (Challenger, 1998) con bosque de pino y encino. Tiene una superficie de 5,731 ha y es parte de la subcuenca de la presa de Cointzio, que integra la cuenca del Lago de Cuitzeo, que a su vez forma parte de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago (Guevara y Gómez-Tagle, 2012). El clima predominante es templado subhúmedo con lluvias en verano, promediando anualmente entre 1,000 y 1,200 mm, y la temperatura media varía desde 12° a 18° C (Anexo 1; Delgado, 2009; Guevara y Gómez-Tagle, 2012). Estos pa-

rámetros han mantenido un incremento anual constante desde 1940, cuya diferencia con respecto a datos de 2020 es de aproximadamente 2 °C y 0.001 mm (Anexo 2; Hersbach *et al.* 2020). Los suelos son principalmente andosoles y Acrisoles (Delgado, 2009; Prat, *et al.*, 2007). El bosque es principalmente de pino-encino y algo de pino, presentándose mayormente en la parte alta de la microcuenca. La historia local ha resultado en la alteración, degradación y frecuente eliminación de dicha cobertura natural (Delgado, 2009).

Figura 1. Microcuenca de la Presa de Umécuaro, en el estado de Michoacán, México, su delimitación, y los municipios correspondientes.



Fuente: elaboración propia.

La MPU presenta 21 localidades, con un total de 1,290 habitantes. Su superficie corresponde a tres municipios: Morelia (84.5%), Acuitzio (8.6%) y Villa Madero (6.9%) (Delgado, 2009; Guevara y Gómez Tagle, 2012). Para este estudio, se consideraron las localidades con mayor población: Umécuaro (346 habs.), Nieves (332 habs.), Loma Caliente (182 habs.), y Santiago Undameo (1867 habs.) como cabecera de tenencia. En la MPU están las presas de Umécuaro y Loma Caliente, que se abastecen desde arroyos y canales provenientes desde las partes altas. La de mayor tamaño es la presa de Umécuaro, con 108.62 ha, la cual alimenta la parte inicial del río Grande de Morelia, uno de los dos ríos más importantes de esta ciudad (Sagarpa, 2004; Delgado, 2009). El agua de la MPU tiene diversos usos, como riego agrícola, pesca, actividades recreativas y generación de electricidad; a escala municipal el principal es el abastecimiento de agua potable (Prat, *et al.*, 2007; Delgado, 2009; Guevara y Gómez Tagle, 2012), al

ser una de las tributarias de la presa de Cointzio, que abastece alrededor del 30% del agua potable de Morelia (Prat, *et al.*, 2007). Otras actividades en la MPU son la agricultura de temporal, ganadería extensiva, aprovechamiento forestal maderable y no maderable, y la creciente agricultura intensiva de aguacate y *berries* (Delgado, 2009). Esta última es representativa de una preocupante problemática en México, Michoacán (De la Vega Rivera y Merino Pérez, 2021; Burgos *et al.*, 2012), y en la parte sur del Municipio de Morelia (Delgado, 2009).

■ Surgimiento del estudio colaborativo y métodos

En los años 2016-2018, IMPLAN realizó un diagnóstico rural participativo en el Municipio de Morelia, incluyendo talleres y actividades de mapeo participativo con comisariados ejidales, ejidatarios/as, jefaturas de tenencia, y también mujeres y niños. Identificaron a la MPU como una microcuenca prioritaria, tanto por las características que le confieren valor como por sus problemas. El PCS de la UNAM e IMPLAN se comunicaron para desarrollar una colaboración y, considerando el diagnóstico participativo realizado previamente, Implan propuso abordar la MPU. Es decir, un ejercicio real de colaboración aplicada e investigación por demanda y ante un problema del mundo real.

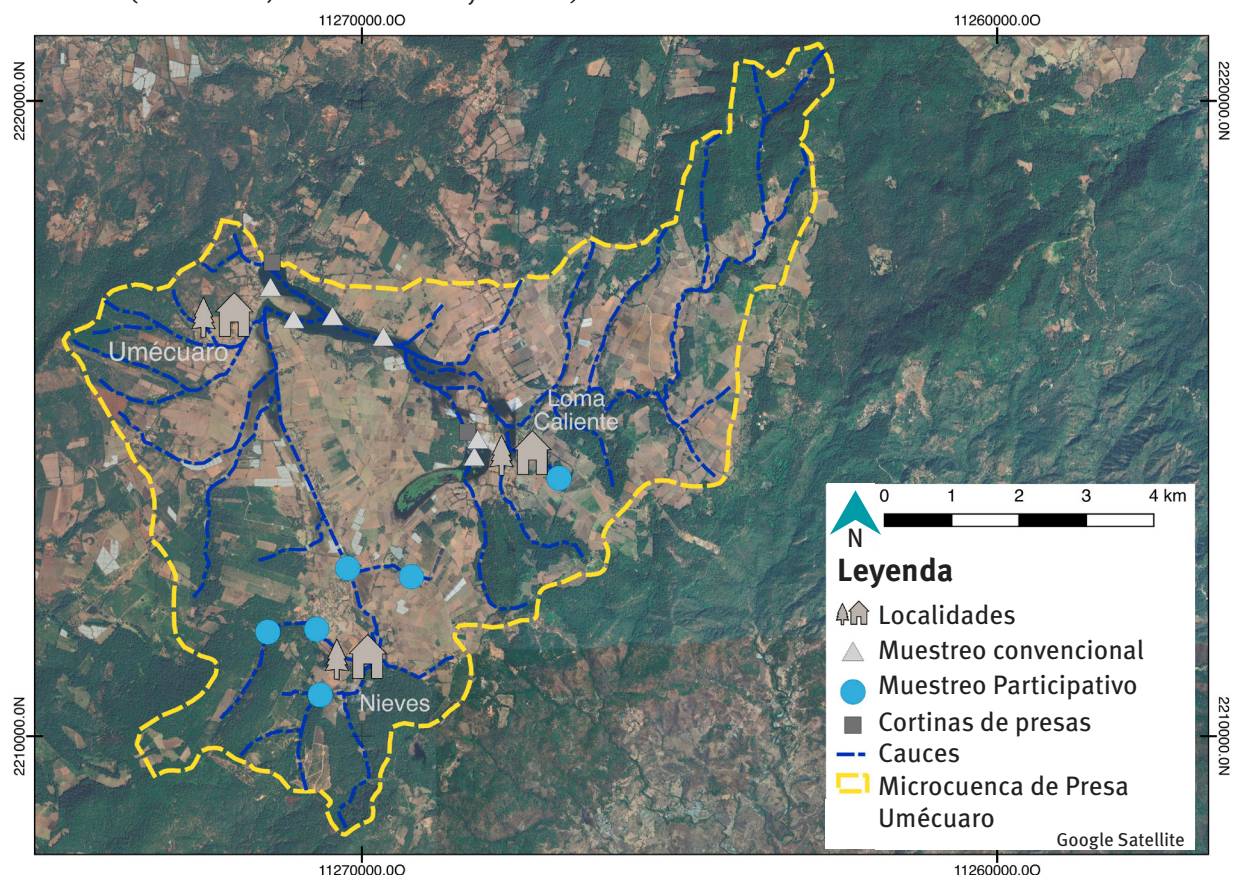
Posteriormente, en la ejecución de esta investigación, se combinaron métodos y herramientas de distintos campos y disciplinas científicas, incluyendo análisis cualitativos y cuantitativos. Las decisiones se tomaron en diálogo con Implan y las comunidades rurales, incluyendo la definición de objetivos y métodos, mediante instancias de diálogo intersectoriales.

- Búsqueda y revisión de fuentes bibliográficas, hemerográficas y cibergráficas, incluyendo estudios académicos, periódicos, revistas, normatividad, e instrumentos de planeación territorial. Se generó una línea del tiempo, para visualizar el caso y tema de estudio desde una perspectiva histórica (Anexo 3).
- Reuniones e interfaces.
 - Se realizaron cinco reuniones con la Dirección de Geografía y Análisis Espacial de IMPLAN, para acordar las directrices generales del estudio, objetivos y plazos.
 - Se realizaron, en el campus de la UNAM-Morelia, sesiones de presentación y discusión de avances y resultados preliminares en cada etapa, con IMPLAN e investigadores académicos.
 - Con las comunidades rurales, en un primer encuentro nos presentamos como equipo de investigación con las autoridades locales, se les presentó el proyecto, y posteriormente en diálogo se decidieron los puntos de muestreo del agua y la inclusión de tres manantiales, la realización de muestreo participativo del agua, así como cuándo y dónde realizar las actividades de cierre, y la invitación a periodistas.
- Trabajo de campo.
 - Entrevistas semiestructuradas a profundidad con autoridades ejidales (directivas ejidales: comisariado, tesorero, secretario) de Santiago Undameo, Umécuaro, Loma Caliente y Nieves, totalizando ocho entrevistas a profundidad, y complementariamente se aplicaron 28 encuestas a usuarios de las presas de la MPU. Se realizaron para adquirir conocimientos sobre la realidad social en el área de estudio con base en información que solo una

persona (sujeto) puede brindar, además de conocer sobre hechos que no se pueden observar directamente (Taylor y Bogdan, 1987). Así, se identificaron problemas que se debían abordar y la percepción de los actores locales al respecto. Para el análisis cualitativo de las entrevistas semiestructuradas a profundidad, estas se registraron y transcribieron, y se realizó un análisis de contenido temático (Joffe, 2012), usando la técnica de codificación, tanto deductiva como inductiva (Saldaña, 2013). Se identificaron cambios, factores de cambios, problemas, expectativas y otros temas recurrentes.

- Muestreo puntual de agua, incluyendo muestreo participativo, realizado con la participación activa de habitantes locales. Los puntos de muestreo se establecieron en diálogo con las comunidades rurales (Figura 2). Se colectaron 12 muestras de agua el 19 de octubre de 2018. Los muestreos participativos se realizaron en cinco manantiales (Peña Tajada, El Chorrito, Cabecera del Agua, Joya del Ángel y El Bejuco) y un canal (Nieves-Umécuaro), con un equipo de campo *Kit La Motte*. Considerando los problemas de azolve identificados previamente, se tomaron muestras de agua con una botella de Van Dorn en seis puntos de las presas, cuatro en Umécuaro y dos en Loma Caliente. Al momento de la toma de muestras, se obtuvieron

Figura 2. Microcuenca de la Presa de Umécuaro, los puntos de muestreo de agua y las localidades abordadas (Umécuaro, Loma Caliente y Nieves).



Fuente: elaboración propia.

datos de temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$), temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$), Oxígeno disuelto (mg/l), conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$) y potencial de Hidrógeno (pH) con un medidor multiparamétrico para Calidad del Agua HQd/IntelliCALTM. Además, se obtuvo la turbidez del sitio de muestreo al medir la distancia de visibilidad desde la superficie con un disco de Secchi.

- **Análisis cuantitativo de las muestras de agua en laboratorio.** Se analizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelo y Agua del Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) de la UNAM; se consideraron once parámetros de calidad de agua fisicoquímicos y microbiológicos (Tabla 1). El análisis de aniones se realizó a través de cromatografía de iones en un cromatógrafo 883 Basic IC plus conectado a un automuestreador 863 Compact Autosampler. Los resultados de análisis en laboratorio e *in situ* se interpretaron con criterios según el uso final del agua. Para el agua de manantiales, según los criterios para uso doméstico establecidos en la NOM-127-SSA1-1994 (DOF, 2000). El agua de presas y canal tiene usos recreativos o de pesca, por lo que la interpretación se realizó según los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89 (DOF, 1989).

Tabla 1. Técnicas utilizadas para el análisis de muestras de agua.

Parámetro	Unidades	Método de prueba	Norma aplicada
Alcalinidad	mg/l	Titulación automática	NMX-AA-036-SCFI-2001
Conductividad eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	Conductimetría	NMX-AA-093-SCFI-2000
Dureza total	ml EDTA	Volumetría	NMX-AA-072-SCFI-2001
pH	pH	Potenciometría	NMX-AA-008-SCFI-2000
Turbidez	UNT	Filtrado y pesado de sólidos totales suspendidos	NMX-AA-038-SCFI-2001
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	---	NMX-AA-028-SCFI-2001
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	---	NMX-AA-030/1-SCFI-2012
Aniones (Cl^- , F^- , N-NO_3 , N-NO_2 , PO_4^{3-} , SO_4^{2-})	---	Cromatografía de iones	Método proporcionado por Metrohm y EPA 300.1
Organismos coliformes totales	UFC	Filtración de membrana	NMX-AA-102-SCFI-2006
Organismos coliformes fecales	UFC	Filtración de membrana	NMX-AA-102-SCFI-2006
Organismos coliformes totales	UFC	Filtración de membrana	NMX-AA-102-SCFI-2006
Organismos coliformes fecales	UFC	Filtración de membrana	NMX-AA-102-SCFI-2006

Fuente: elaboración propia.

- **Cambios en cobertura forestal.** Se abordó el periodo de 1993 a 2021, aplicándose el Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI), un índice radiométrico de vegetación ampliamente usado que, mediante percepción remota, permite analizar los cambios vegetacionales en

términos de su vigor (Campaña Olaya y Tafur, 2021). Se utilizaron imágenes ráster Landsat 7 para los años 1993, 2000, 2007, 2014 y 2021, en sus bandas de Infrarrojo (IR) e Infrarrojo cercano (IRC). Se analizó el NDVI según la relación de ambas bandas por píxel (Fórmula 1); éste refleja un estado de vegetación degradada cuando sus valores se acercan a cero y vigorosa cuando se acercan a uno (Tabla 2) (Campaña Olaya y Tafur, 2021).

Fórmula 1.

$$NDVI = \frac{IR - IRC}{IR + IRC}$$

Tabla 2. Clasificación de estados de vegetación según rangos de NDVI

Clasificación	Valor
Nubes y agua	<0.01
Sin vegetación	0.01<0.1
Vegetación ligera	0.1<0.2
Vegetación mediana	0.2<0.4
Vegetación alta	>0.4

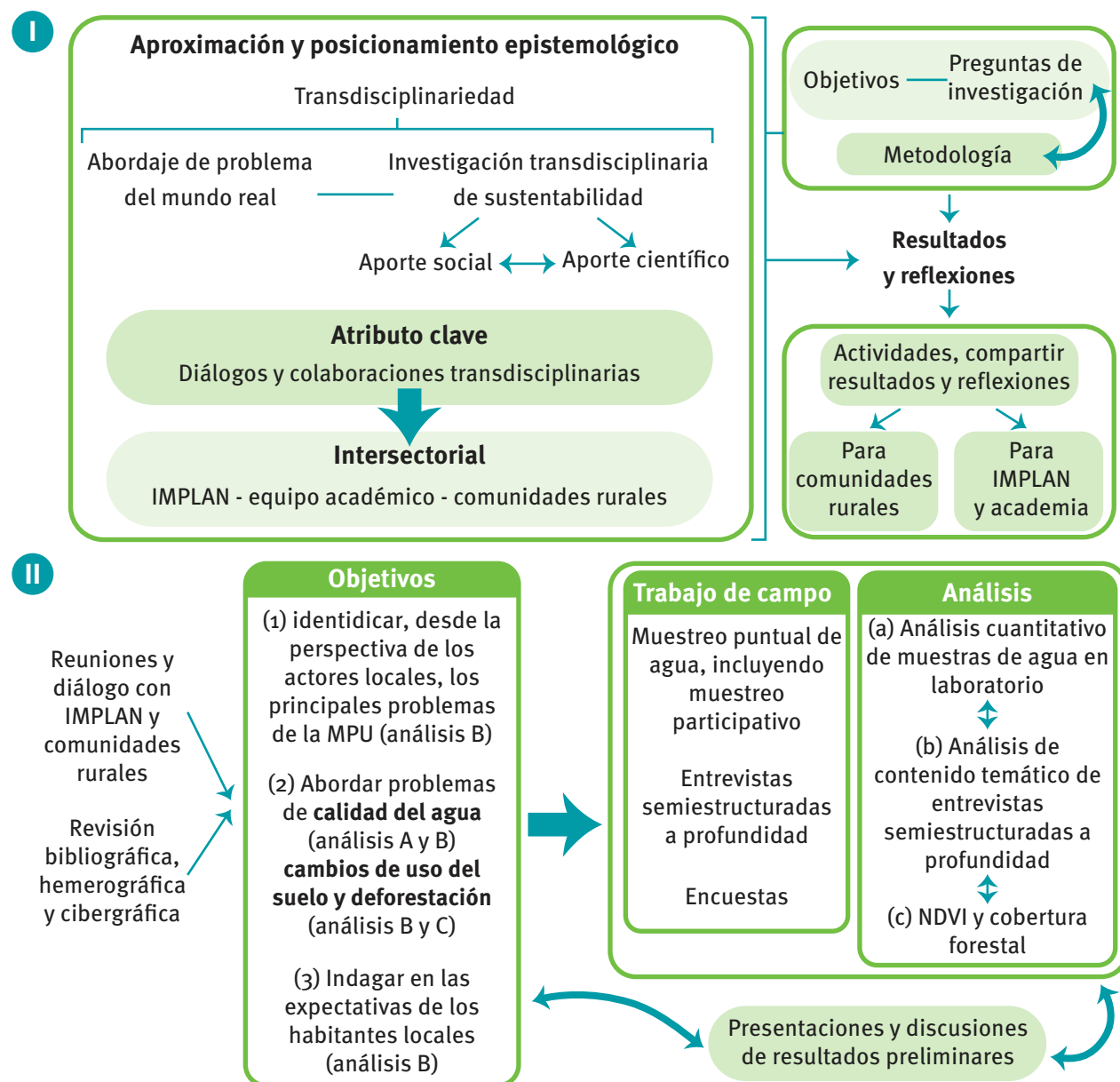
Fuente: Modificado de López Pérez *et al.*, 2015; Campaña Olaya y Tafur, 2021

- Devolución de resultados y reflexiones. Cierre del proceso. Se elaboraron materiales y realizaron actividades para entregar y compartir los resultados, reflexiones y conclusiones de manera específica y diferenciada, a las comunidades locales y a Implan y académicos. Para las primeras, se elaboró un informe, un cuadernillo de recomendaciones y una infografía, y se realizó una presentación y encuentro en la localidad de Nieves. Para los segundos, se elaboró un informe técnico y se realizó otra presentación y encuentro de discusión en Implan, con la presencia de autoridades de Implan, académicos, representantes de las comunidades rurales, y periodistas para la difusión del estudio y sus resultados.

La Figura 3 muestra un esquema general del proceso investigativo, con la aproximación y posicionamiento epistemológico desde la transdisciplinariedad, y mostrándose las relaciones entre objetivos, los análisis realizados, las presentaciones de propuestas y resultados preliminares y de resultados y reflexiones finales. En la parte superior (3.1), se muestra que desde la aproximación transdisciplinaria se abordó un problema del mundo real, buscando aportar a la vez social y científicamente, tal como se plantea en la investigación transdisciplinaria de sustentabilidad. Los diálogos y colaboraciones transdisciplinarias son un atributo clave de dicha aproximación epistemológica, así como las colaboraciones intersectoriales. La existencia de un problema del mundo real en la MPU, es decir, que incide en la calidad de vida y bienestar de los habitantes locales, se estableció mediante un proceso de diagnóstico rural participativo previo

a este estudio. Los objetivos y preguntas de esta investigación se establecieron mediante instancias de diálogo intersectorial, y así también los métodos a implementar. Finalmente, se realizaron actividades para compartir los resultados y reflexiones de manera diferenciada, por un lado, con las comunidades rurales, y después con Implan y académicos, con lenguajes pertinentes para cada caso, y se entregaron reportes y documentos también específicos a ambos.

Figura 3. Esquema general de proceso investigativo. (I) Aproximación y posicionamiento epistemológico desde la transdisciplinariedad. (II) Operacionalización y abordaje. Objetivos, trabajo de campo, análisis realizados, y sus interrelaciones.



Fuente: elaboración propia.

En la parte inferior (3.II) de la [Figura 3](#), se muestra que los objetivos se abordaron mediante trabajo de campo y varios análisis. El objetivo de identificar los problemas del área se abordó con el análisis cualitativo de las entrevistas semiestructuradas a profundidad, y con encuestas que proveyeron información complementaria; el problema del agua y su calidad se abordó con el análisis cuantitativo de las muestras de agua en laboratorio y el análisis de las entrevistas; el problema de CUS y deforestación, se abordó con el NDVI y el análisis de las entrevistas; y el objetivo de las expectativas de los habitantes locales se abordó con el análisis de las entrevistas. El análisis de las entrevistas se combinó con el análisis de las muestras de agua en laboratorio y con el NDVI. Además, las sesiones de presentaciones y discusiones de propuestas metodológicas y de resultados preliminares permitieron manejar dinámicamente el foco y el desarrollo del estudio, considerando los temas y problemas que fueron observándose como relevantes en el área y que, por consiguiente, fueron adquiriendo centralidad en la investigación.

■ RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

■ Problemas y cambios

Con base en las entrevistas y encuestas realizadas, se identificaron los principales problemas en la MPU, agrupándolos en: (a) CUS y agricultura intensiva, (b) calidad de agua y plantas acuáticas, (c) aspectos sociales ([Tabla 3](#)). Estos grupos están interconectados y, en conjunto, son factores importantes de la situación de la MPU.

La revisión bibliográfica, hemerográfica y cibergráfica permitió complementar los problemas identificados por actores locales y usuarios de la MPU con la perspectiva histórica. El CUS, tanto por expansión agrícola como urbana, ocurrió desde la década de 1960. Se identificaron tendencias opuestas en cada parte de la cuenca: mayor CUS e intensificación agrícola en las cercanías de los embalses; en cambio, mayor esfuerzo por denunciar los problemas y por una adecuada gestión del territorio en lo alto de la MPU. Por su parte, los esfuerzos de planificación territorial del gobierno municipal se identificaron con posterioridad al año 2000, tanto para aprovechamiento de recursos naturales como para regulación del uso del suelo.

Viene mucha gente y anda buscando una tierra. Saben que el aguacate da muchas ganancias. Y si compran el terreno al ratito ya está barrido el bosque, cuadradito. Son gente de afuera” (Testimonio de la comunidad de Nieves).

“No está permitido hacer el cambio de uso de suelo, por el agua, porque el aguacate absorbe mucha agua” (Testimonio de la comunidad de Santiago Undameo).

“Ha disminuido mucho el turismo en Umécuaró por la hierbita elodea, se quejan los restaurancitos, no tienen la afluencia como anteriormente” (Testimonio de la comunidad de Umécuaró).

Si le venden la tierra a alguien de aquí mismo, tenemos todavía la facilidad de que, por ejemplo, si no necesita la tierra, sabes qué te la rento, te la presto, o algún arreglo, pero cuando se la venden a alguien desconocido, él luego luego la enmalla y no te deja pasar ya ni caminando, y pues eso sí están afectando a la gente de aquí, porque antes había más libertad y ahorita ya no. Además, tienen que estar más al pendiente de los animales que no se vayan a la huerta (Testimonio de la comunidad de Umécuaro).

“Aquí ya no tenemos seguridad” (Testimonio de la comunidad de Santiago Undameo).

Tabla 3. Principales problemas identificados en la MPU con base en las entrevistas y encuestas realizadas a actores locales.

Cambio de uso del suelo acelerado y expansión agricultura intensiva	Disponibilidad y calidad de agua, y proliferación de plantas acuáticas	Cambios y problemas en aspectos sociales
Desde finales de años noventa han llegado unidades productivas de agricultura intensiva, principalmente huertas de aguacate. Aumento de agroquímicos.	Aumento de pozos para extracción de agua para agricultura intensiva e inadecuado manejo de agua.	Venta de terrenos a personas foráneas e inseguridad. Personas y comportamientos desconocidos para comunidad local.
Intensificación de deforestación; bosque reemplazado por agricultura intensiva (aguacate y <i>berries</i>).	Contaminación de la presa de Umécuaro.	Mal manejo de basura por parte de gente local y de visitantes, y contaminación.
	Observación de eventos de mortalidad de peces en la presa de Loma Caliente.	Mala conectividad de telecomunicaciones (celular).
	Presencia de organismos coliformes en todos los manantiales de agua.	Inseguridad por presencia de gente foránea (delincuentes; personas y comportamientos desconocidos para comunidad local).
	Abundancia de planta acuática 🌿 <i>Elodea sp.</i>	Condiciones no óptimas de carreteras y caminos.
	Presencia de lirio acuático (<i>Eichhornia crassipes</i>) en ambas presas (Loma Caliente y Umécuaro).	Poca variedad en la oferta de servicios turísticos.

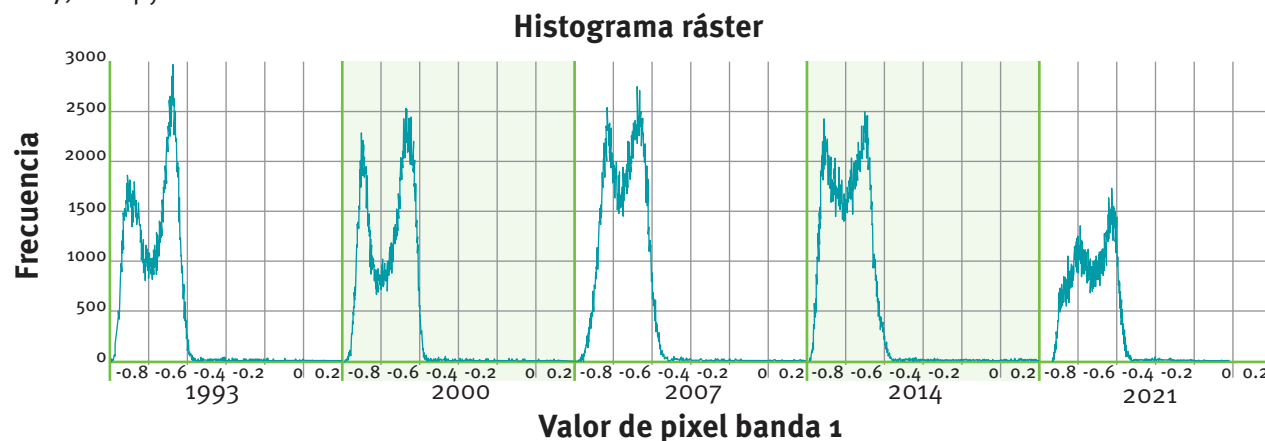
Fuente: elaboración propia.

■ Expansión de agricultura intensiva, impactos y deforestación

Las fuentes bibliográficas, hemerográficas y testimonios locales indican que la venta de tierras ha derivado en el establecimiento de unidades de producción agrícola intensiva de huertas de aguacate e invernaderos de berries (arándanos, fresas y zarzamoras), que han reemplazado principalmente el bosque. Este CUS en la MPU está asociado a varios impactos además del reemplazo de bosque, como el aumento del uso de agroquímicos, la proliferación de pozos para extracción de agua del subsuelo, la contaminación de manantiales y escurrimientos superficiales. En la parte alta de la cuenca existe una tradición de aprovechamiento forestal maderable y de resina de pino, que sigue programas de manejo forestal sustentable. Por consiguiente, tal aprovechamiento no sería causal de la deforestación y la degradación cuenca abajo. Por otro lado, habitantes locales, especialmente jóvenes, han comenzado a trabajar como jornales en las unidades productivas intensivas, alejándose de las parcelas familiares. Así, los testimonios locales también dan cuenta de que las huertas de aguacate son generadoras de posibilidades de empleo.

Para analizar el estado de la vegetación, se obtuvieron histogramas y el NDVI por año (Figura 4). Los valores de NDVI se muestran según la frecuencia de píxeles con que se reconocen en la imagen satelital. Para todos los años analizados, los valores de NDVI fueron menores a cero, lo que sugiere degradación de la vegetación. No obstante, la distribución de tales valores muestra mayores detalles sobre los cambios en la vegetación en el período analizado; como frecuencias entre 2000 y 3000 píxeles, correspondientes a valores de NDVI cercanos a -0.8 en cuatro de los cinco histogramas, que disminuyeron a iguales o menores a 1500 píxeles en 2021. Se observa una distribución de valores cada vez más amplia desde 2007, superiores a 1500 en 2007 y 2014, y entre 500 y 1500 en 2021. El histograma de 2021 muestra una distribución más homogénea y amplia en los valores de NDVI, aunque siguen mostrando un estado degradado en la microcuenca. Por último, aunque las frecuencias son menores a 100 píxeles para valores mayores a -0.4, muestran incremento desde 2000, lo que sugiere una recuperación incipiente; en el año 2014 estas frecuencias se registran para valores positivos de NDVI, entre 0 y 0.6.

Figura 4. Histogramas con la frecuencia de los valores de NDVI por píxeles en los años 1993, 2000, 2007, 2014 y 2021 en la Microcuenca Presa de Umécuaro.

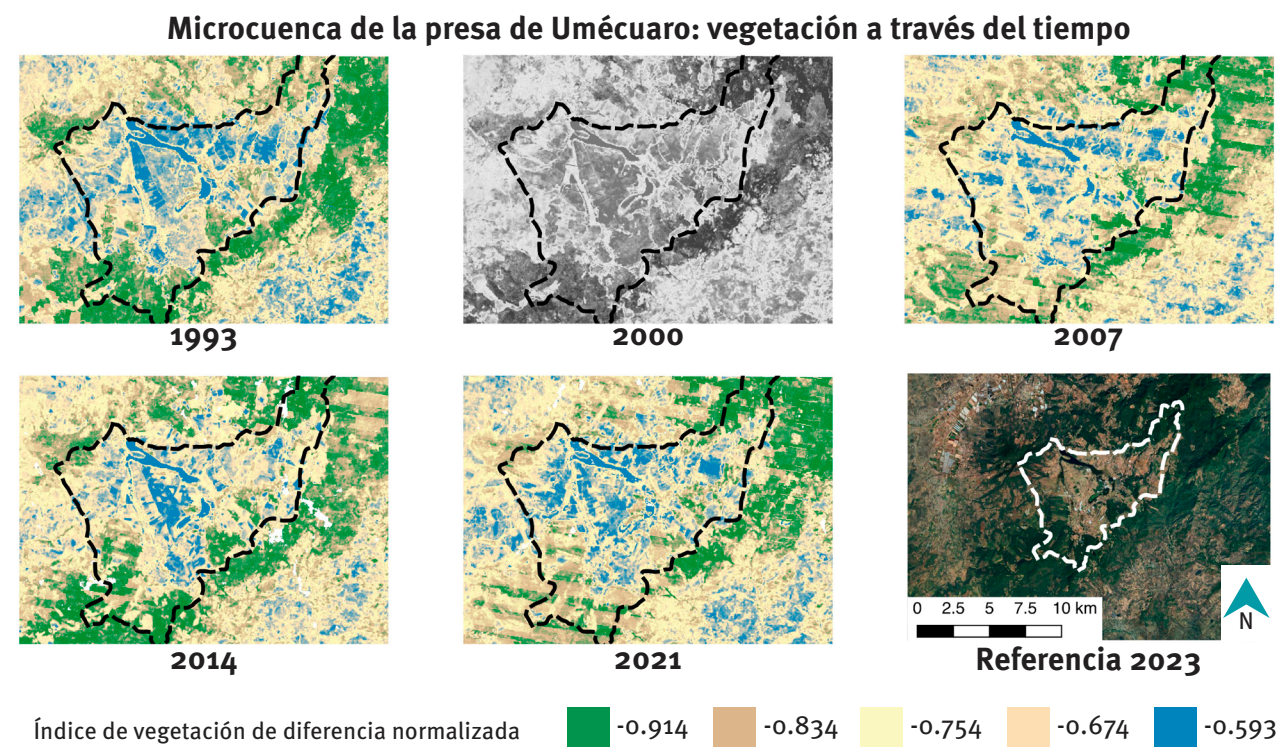


La frecuencia se registra desde cero píxeles hasta 3000 en los primeros tres histogramas, 2500 para 2014 y 2000 para 2012.

Fuente: elaboración propia.

Las imágenes satelitales muestran los valores de NDVI en el área (Figura 5). La intensidad del verde muestra el vigor de la vegetación. Puede observarse la formación de segmentos o parches con bajos valores de NDVI (verde más claro) y de corredores que conectan la vegetación conservada o vigorosa (verde más oscuro), evidenciándose la fragmentación de esta última, como puede observarse en las imágenes de 2007 y 2014.

Figura 5. Imágenes satelitales que muestran los valores de NDVI en los años 1993, 2000, 2007, 2014 y 2021 para la Microcuenca Presa de Umécuaro.



Fuente: elaboración propia.

“Según lo que veo, si continuamos con esto de los invernaderos y el aguacate, pienso que se va a secar Umécuaro” (Testimonio de la comunidad de Santiago Undameo).

“Si estamos perdiendo todo el bosque por un empleo de mil pesos, mejor que se vayan. Y nosotros estaríamos mejor, que estuviera como estaba antes, tener el agua libre. Y ahorita no tenemos ni para beber” (Testimonio de la comunidad de Nieves).

“Por plantar aguacate están talando el pino y todo lo que produce agua, el encino, cedro, para meter la huerta de aguacate, necesitan limpiar todos los terrenos. Esto nos afecta porque aquí la gente vive también de la resina del pino” (Testimonio de la comunidad de Santiago Undameo).

“La gente se está yendo a trabajar en las fresas y arándanos, antes eran dueños de esas tierras, ahora tienen que ir a trabajar a [lo que antes eran] sus parcelas, pero ya en manos de otras personas” (Testimonio de la comunidad de Umécuaro).

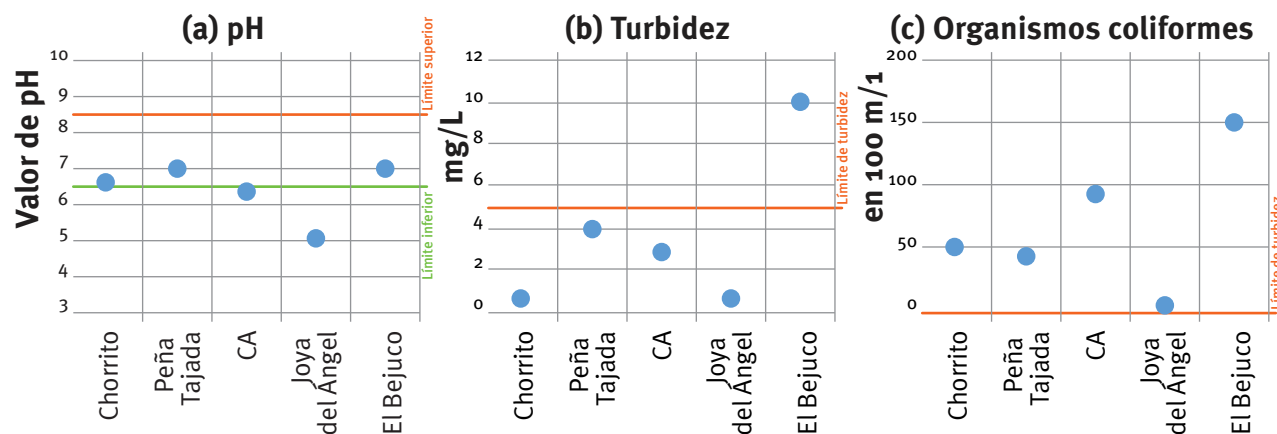
“Yo pienso que en lo que va a haber mucho trabajo, ya empieza a haber mucho más. De aquí a unos 3 o 4 años, el aguacate va a ser el 100% de lo que viva la gente aquí” (Testimonio de la comunidad de Umécuaro).

■ Análisis cuantitativo de calidad del agua y plantas acuáticas

Manantiales

Las muestras obtenidas en los cinco manantiales se interpretaron según ocho criterios establecidos por la norma NOM-127-SSA1-1994 para uso doméstico (DOF, 2000). Para cinco de los parámetros analizados (dureza, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, alcalinidad y sólidos disueltos), todas las muestras se encuentran dentro de los límites aceptables. En cambio, las muestras en manantiales se distribuyeron de manera más heterogénea con respecto a los otros tres parámetros de la norma: pH, turbidez y organismos coliformes. El pH estuvo por debajo del límite establecido en los manantiales Cabecera de Agua y Joya del Ángel; el agua del manantial El Bejuco tiene valores por encima del límite de turbidez, y en todos los manantiales se supera el límite para presencia de coliformes (Gráfico 1).

Gráfico 1. Resultados sobresalientes en análisis de calidad del agua para uso doméstico en manantiales.



Valores de pH (A), valores de turbidez (B) y valores de organismos coliformes (C). Los datos se muestran por cada sitio de muestreo. Nota: CA = Cabecera del Agua.

Fuente: elaboración propia.

Presas y canal Nieves- Umécuaro

Las muestras de los embalses y el canal entre Nieves y Umécuaro se interpretaron según criterios para uso recreativo. Todas se encuentran dentro de los límites para buena calidad de agua, a excepción de la muestra de la sección sur de la presa de Umécuaro, que se acerca a condiciones de contaminación (Gráfico 2). Además, la muestra obtenida en el centro de la

empresas de aguacate, fresas y arándanos que han llegado, que hace que se reproduzca más. No sabemos si sea verdad o no” (Testimonio de la comunidad de Umécuaro).

■ Expectativas de habitantes locales

Con base en la información obtenida en las entrevistas con actores locales, se identificaron puntos en común y también otros divergentes entre las cuatro comunidades respecto a sus expectativas para el área. En común, existe una inquietud compartida por la conservación de la capacidad de la MPU para abastecer de agua de buena calidad para uso doméstico a través de ríos y manantiales. Además, las cuatro comunidades reconocen la importancia de la conservación forestal y la infraestructura caminera en la cuenca, y quisieran ser considerados de manera más activa por las instituciones y autoridades locales. Al respecto, existen iniciativas comunes en torno al establecimiento de un Área Natural Protegida (ANP) que incluya comunidades de la MPU y de microcuencas vecinas.

En contraste, los puntos divergentes entre las comunidades se relacionan con actividades productivas en la MPU. Las expectativas de Umécuaro y Santiago Undameo son de tipo turístico, cultural y político; mientras que Loma Caliente se enfoca en la producción forestal, y Nieves en el reconocimiento de la relevancia de su labor de conservación forestal.

“Pienso que no se respeta el ordenamiento territorial, la verdad las autoridades no nos toman en cuenta para eso” (Testimonio de la comunidad de Santiago Undameo).

“Estamos pidiendo que haya mantenimiento a los caminos rurales, tener caminos pavimentados” (Testimonio de la comunidad de Santiago Undameo).

“Es importante que ya haya un control del aguacate, que sea un hasta aquí, o no sé; pero más que nada, pararle a la corta de los árboles” (Testimonio de la comunidad de Loma caliente).

■ DISCUSIÓN

■ Aproximación transdisciplinaria en estudios socioambientales de cuencas; aportes y desafíos

La gestión sectorial, tecnocrática y centralizada de cuencas se ha mostrado inadecuada, en cambio se sugiere un enfoque integrado (Lee *et al.*, 2018). Un enfoque transdisciplinario es más adecuado para que las comunidades rurales y las ONGs trabajen junto con investigadores y entidades gubernamentales para abordajes integrales y para la sustentabilidad a largo plazo (Maheshwari *et al.*, 2014). Tales enfoques pueden ayudar a los gobiernos y comunidades locales a diseñar una visión propia para el manejo de los recursos de cuencas (Zafra Calvo *et al.*, 2020). Tal aproximación requiere identificar el problema de investigación incluyendo las perspectivas de los diferentes sectores y actores sociales involucrados, y diseñar

los procesos y herramientas adaptándose a las necesidades locales (Brugnach y Özerol, 2019). La gestión integrada y transdisciplinaria de cuencas implica participación, colaboración, aprendizaje social, articulación de los mejores conocimientos y prácticas disponibles, y la construcción de una visión comunitaria, así como de resiliencia y adaptabilidad, como medios para abordar los problemas del mundo real de manera sustentable (Lee *et al.*, 2018). Se han realizado variados estudios colaborativos y de co-aprendizaje, incluyendo algunos en Latinoamérica y en México, los cuales abordan temas relevantes para el manejo de cuencas y para la MPU, como la creación de una red ciudadana (Xalapa, México), dar voz a actores marginados en el manejo de cuencas (Colombia), la discusión de una ley para proteger los bosques nativos (Argentina), un diálogo multinivel para implementar políticas de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (Ghana) (Brugnach y Özerol, 2019), y la escasez y gobernanza del agua (Kenia) (Zafra Calvo *et al.*, 2020). La brecha entre la ciencia y quienes implementan los conocimientos y propuestas generadas se ha reducido, y se han integrado conocimientos y hallazgos científicos en políticas para la gestión de cuencas (Umetsu *et al.*, 2010).

Una aproximación y proceso transdisciplinarios también implican varios desafíos, como formar un equipo suficientemente representativo de los sectores y actores involucrados; definir el problema colaborativamente; generación colaborativa de conocimientos y propuestas, mediante el diálogo entre diferentes culturas, expertises, estructuras organizativas y estilos comunicativos, evitando conflictos; incorporar y aplicar los conocimientos y propuestas en la práctica científica y social, lo cual es difícil de evaluar (Lee *et al.*, 2018).

■ Problemas socioambientales identificados en la MPU y sus interrelaciones

Existe un interrelacionamiento entre varios cambios y problemas identificados en la MPU. La expansión de la agricultura intensiva (aguacate e invernaderos de berries) deriva en problemas como deforestación, posible contaminación por uso de agroquímicos, y una amenaza para la disponibilidad de agua para los habitantes locales. Además, según los testimonios locales, la agricultura intensiva se relaciona con problemas sociales: venta de terrenos a foráneos y aumento de inseguridad. Entonces, tal expansión de la agricultura intensiva desencadena varios de los otros problemas identificados (circularidad). A su vez, el CUS asociado a la expansión urbana y el establecimiento de fraccionamientos, especialmente en torno a los embalses y en mayor medida en Umécuaro, ha desencadenado problemas sociales similares al CUS asociado a agricultura intensiva.

■ Expansión de agricultura intensiva, cambio de uso del suelo y deforestación

El NDVI permite identificar cambios en la vegetación como resultado de factores como el déficit hídrico o la pérdida de cobertura forestal (Campaña Olaya y Tafur, 2021). Los valores del índice pueden considerarse indicadores del vigor de la vegetación como reflejo de condiciones como la humedad edáfica (Romero y Vásquez, 2005; Rojas *et al.*, 2015) y del uso de agroquímicos y otras prácticas de agricultura intensiva (Arias *et al.*, 2019).

Para todos los años analizados en este estudio, la mayor parte del área presenta valores de NDVI < 0 (> 500 píxeles), mostrando un alto grado de degradación de la vegetación en la MPU,

lo que se vincula a deforestación y quizás al uso de herbicidas o estrés hídrico, vinculados al CUS y manejos asociados a la agricultura intensiva de aguacate e invernaderos de berries. Resaltan especialmente los parches blancos (fragmentación) en las imágenes satelitales de 2007 al norte y al oriente de la presa, así como en las de 2014 al sur poniente de la presa. No obstante, los histogramas de los años 2000 a 2014 muestran valores de NDVI entre 0 y 0.6 (< 100 píxeles), que reflejarían algunos sitios en la microcuenca donde el vigor de la vegetación incrementó, aunque de manera incipiente, lo que puede vincularse con iniciativas de conservación forestal en el área.

En México, desde 1970 y en especial desde la segunda mitad de la década de 1980, en el marco de la llamada reforma neoliberal, se han producido varios cambios en el sector agrícola como consecuencia de la liberalización comercial y las políticas orientadas al mercado internacional, con el TLCAN y las reformas agrícolas domésticas (Davis, 2000; Eakin, 2005; González, 2014). Uno de los principales impulsores del uso del suelo agrícola en México es el mercado internacional (Eakin *et al.*, 2018). En Michoacán, el Gobierno Federal ha impulsado el modelo agroexportador (Velázquez, 2019), aumentado las áreas plantadas con frutales para exportaciones. En Michoacán y en la región del área de estudio, las huertas de aguacate compiten intensamente con los bosques de pino y encino, los cuales brindan importantes servicios ecosistémicos (De la Vega Rivera y Merino Pérez, 2021; Chávez León *et al.*, 2012). Además, estos procesos multiescalares impactan y debilitan al patrimonio de las comunidades rurales. Uno de los mayores patrimonios de las comunidades rurales en México, en Michoacán y en la MPU, es la tierra campesina. Muchas comunidades de la región han perdido parte de su patrimonio al vender sus tierras a foráneos. Así también, se han debilitado los conocimientos tradicionales y la vida comunitaria tradicional y la comunalidad (Subercaseaux, 2022; Subercaseaux *et al.*, 2025).

■ Calidad del agua

Aunque los habitantes locales expresan preocupación por el agua, principalmente por los pozos y descargas de agroquímicos por la agricultura intensiva, en general las muestras puntuales de agua analizadas se mantienen dentro de límites de buena calidad. En los manantiales, resalta la presencia de coliformes, por lo que podría incrementarse el potencial de infección en el uso doméstico del agua. El pH cáustico encontrado en los manantiales de Cabecera del Agua y Joya del Ángel puede requerir procesos de purificación para el uso doméstico en las comunidades de Loma Caliente y Nieves, respectivamente. Asimismo, los datos sobre turbidez en el manantial El Bejuco ameritan atención para el uso doméstico del agua.

■ Sugerencias

Considerando los problemas socioambientales identificados y analizados en la MPU y las expectativas de los habitantes locales, se plantean las siguientes sugerencias para un abordaje de tal situación socioambiental:

- Calidad de agua. Al considerar la expansión de la agricultura intensiva, es importante estudiar el aporte de agroquímicos y su impacto en los arroyos, canales y presas. Se requiere estudiar la calidad del agua desde los puntos de nacimiento (manantiales) hasta las presas, incluyendo así las corrientes entre ambos. Se ha de incluir mayor cantidad de sitios y muestras, tanto en temporada de lluvias como de secas, y considerar las variables que, como muestra el presente estudio, merecen atención: coliformes, bacterias, pH ácido, turbidez y contaminación en presas vinculada a la acumulación de agroquímicos.
- *Elodea sp.* y lirio (*Eichhornia crassipes*). Su presencia y proliferación, en especial de *Elodea sp.*, tienen impactos de diferentes tipos: ecológicos, estéticos, económicos, turísticos. Aunque es probable que esté relacionada con la expansión de la agricultura intensiva en la cuenca, los análisis realizados y los datos obtenidos no permiten explicar la proliferación de plantas acuáticas; se requiere un estudio que incluya más variables y más prolongado en el tiempo. Es importante un estudio orientado a un plan de manejo de ambas plantas acuáticas, el cual puede realizarse de manera participativa y diferenciada en las diferentes zonas y localidades. Podrían identificarse causas de su aparición y crecimiento, asociación con otras especies vegetales, control ([Global Invasive Species Database, 2024](#)), posibles manejos y usos ([Caro Lara et al., 2009](#); [Yarrow et al., 2009](#)), y estrategias de prevención, para evitar la remoción mecánica por su impacto en la biota acuática ([Misteli et al., 2023](#); [Draga y Gąbka, 2024](#)).
- Ordenamiento territorial ecológico. Para proteger el bosque y evitar la deforestación, es clave regular la expansión del aguacate, evitar la escasez de agua, el excesivo aporte de agroquímicos y la consiguiente contaminación. Debe ser a nivel de cuenca, adecuarse a las aptitudes ecosistémicas de cada sitio, y ser diferenciado y participativo, considerando las necesidades y preocupaciones de las distintas zonas y localidades de la MPU. Los “consejos de cuenca”, o figuras similares, pueden resultar funcionales. En México se han desarrollado variados enfoques y métodos en esta línea, tanto desde el Estado como desde la sociedad civil, como el Sistema Nacional de Planeación Participativa y la Evaluación Rural Participativa, habiéndose aplicado principalmente a escala local. Un ejemplo es el Ordenamiento Ecológico Comunitario Participativo, el cual busca la construcción sustentable del territorio, articulando los conocimientos tradicionales y técnicos ([Negrete y Bocco, 2003](#)). La participación local es el componente indispensable. Para concretar los procesos de diálogo, es crucial una organización social comunitaria sólida, la ausencia de conflictos, y que el gobierno, en sus diferentes niveles, fortalezca su relación con las comunidades rurales ([Negrete y Bocco, 2003](#); [Orozco, 2006](#)). Ha habido experiencias en diferentes estados de México, incluyendo varias regiones y comunidades de Michoacán ([Orozco, 2006](#)).
- Manejo Agroecológico de aguacate y *berries*. Además de aportar a la sustentabilidad de los agroecosistemas locales, evitaría la contaminación del agua y suelos. Ya se han realizado varios estudios acerca de la producción de aguacate en Michoacán, abordando temas como su impacto ambiental, la biota benéfica asociada al aguacate, comparación entre producción convencional y orgánica, balance energético, emisiones de gases efecto invernadero, como los estudios de [Merlín, et al. \(2014\)](#), [Villamil et al. \(2018\)](#), [Astier et al. \(2014\)](#), entre otros.

- Turismo. Los atractivos de la región representan una oportunidad para el turismo rural en la MPU (IMPLAN Morelia, 2019), si se cumplen condiciones para la satisfacción de los visitantes y la rentabilidad de los servicios turísticos. Se requiere mayor variedad de dichos servicios, mejor infraestructura y capacidades de los habitantes locales. Según los encuestados y entrevistados, el potencial turístico está amenazado por la expansión de la agricultura intensiva y la presencia de *Elodea sp.* en las presas.

■ CONCLUSIONES

Este estudio correspondió a una experiencia formativa para potenciar la transdisciplinariedad en el PCS de la UNAM. El rol crucial de la transdisciplinariedad radica en la necesidad de una correspondencia entre la aproximación para abordar el problema y la complejidad de este. El estudio incorporó varios elementos propios de la investigación transdisciplinaria: (a) diseñado y ejecutado para atender una problemática del mundo real, es decir, que afecta el bienestar de las comunidades rurales de la MPU. Fue un ejercicio real de colaboración aplicada e investigación por demanda ante un problema del mundo real; (b) incorporó diferentes formas de conocimiento, así como perspectivas y percepciones de diferentes actores, para la identificación de problemas y la construcción de soluciones; (c) se desarrollaron procesos intercomunicativos e interfaces intersectoriales, específicamente política (Implan) – ciencia (equipo académico) – sociedad civil (comunidades rurales) y, previo a este estudio, un proceso de diálogo entre Implan y las comunidades; (d) complementó enfoques y herramientas de diferentes campos y disciplinas científicas, incluyendo análisis cualitativos y cuantitativos; (e) devolución de resultados y reflexiones tanto a las comunidades rurales como a Implan, además de la difusión del estudio y sus resultados y conclusiones a otros sectores sociales. Algunos de estos elementos también pueden observarse en investigaciones interdisciplinarias; en efecto, inter y transdisciplinariedad se vinculan y complementan, en un continuum de creciente articulación e integración de enfoques, conocimientos y saberes.

Similarmente como se ha observado y discutido en estudios y experiencias en gestión de cuencas en diferentes países, la aproximación transdisciplinaria, al incorporar conocimientos de todas las comunidades epistémicas colaborativas, resulta propicia para un planteamiento y abordaje integral de los problemas socioambientales en la MPU y así co-construir caminos y procesos para la sustentabilidad. Tal aproximación, como una práctica de interfaz y ante problemas del mundo real, genera aportes concretos tanto sociales como científicos. En lo social, se abordaron problemas que, según las percepciones de los habitantes locales, están afectando su vida diaria. Además, se generaron productos específicamente para las comunidades rurales, se les compartieron los resultados y reflexiones del estudio, y se difundió la situación socioambiental en la MPU. En lo científico, se practicó y aplicó el posicionamiento transdisciplinario ante problemas de alta relevancia local, como el agua y plantas acuáticas en la MPU, y también que están en el centro de la investigación socioambiental, como el CUS y la deforestación por expansión de la agricultura intensiva. Además, se entregó un reporte técnico para academia y gobierno, y se elaboró el presente artículo científico.

Los principales problemas identificados en la MPU desde la perspectiva de los actores locales, son: (a) CUS acelerado y deforestación (llegada y expansión de agricultura intensiva); (b) disponibilidad y calidad de agua, y proliferación de plantas acuáticas (aumento de pozos para extracción de agua, contaminación de presa y manantiales, *Elodea sp.* y lirio acuático); (c) cambios en aspectos sociales (venta de terrenos a personas foráneas e inseguridad, mal manejo de basura y contaminación, conectividad, caminos y servicios turísticos). Aunque los habitantes locales expresan preocupación por el agua, las muestras analizadas están dentro de límites de buena calidad. Se requiere atención a algunas variables analizadas, como coliformes, pH, y turbidez, para el uso doméstico del agua. Para todos los años analizados, la mayor parte del área presenta un alto grado de degradación vegetal, lo que se vincula a deforestación y quizás a uso de herbicidas o estrés hídrico, relacionados a manejos de la agricultura intensiva. La continuidad de dichos problemas y de la tendencia actual en la MPU probablemente derivará en creciente insustentabilidad y deterioro de las condiciones de vida para los habitantes locales. El abordaje integral y la lógica circular permitieron percibir la interrelación entre los problemas identificados en la MPU, vinculándose la deforestación y el CUS, expansión de la agricultura intensiva, inseguridad, perforación de pozos, presencia y aumento de las plantas acuáticas *Elodea sp.* y lirio (*Eichhornia crassipes*), y el azolve en los embalses. Sería interesante indagar respecto a las implicancias aguas abajo de la degradación en la parte alta de la cuenca por la expansión de la agricultura intensiva, incluso el posible efecto en el sistema de cuencas en que se inserta la MPU. Se observó inquietud por la capacidad de la MPU para abastecer de agua de buena calidad para uso doméstico a través de ríos y manantiales, y el reconocimiento de la importancia de la conservación forestal. El ordenamiento territorial participativo y los procesos de diálogos y colaborativos son adecuados para satisfacer la expectativa de los habitantes de la MPU de ser más considerados por las instituciones y autoridades. Además, así podría propiciarse la construcción colectiva de una visión y objetivos comunes. La iniciativa de una ANP regional es una iniciativa aportativa a este respecto.

Como limitaciones del estudio y retos: (a) proceso de acompañamiento, continuándose el diálogo intersectorial, y dar seguimiento a la implementación del material y sugerencias por parte de las comunidades locales y del gobierno, a la vez que monitorear los resultados y la evolución del sistema socioambiental; (b) mayor variedad de herramientas metodológicas, por ejemplo, cartografía participativa; (c) incorporar al equipo académico a investigadores de otros campos, como antropología rural y ecología política; (d) asumir el reto de fortalecer este proceso transdisciplinario como experiencia formativa en el marco del PCS de la UNAM.

Esta contribución se une a las experiencias que buscan, mediante un posicionamiento transdisciplinario, un abordaje y planteamiento integrales de problemáticas socioambientales de alta relevancia, aportando en dicha línea de investigación y acción y en la co-construcción de procesos para la sustentabilidad.

■ AGRADECIMIENTOS

La realización de este estudio no hubiese sido posible sin la participación de las colegas Fabiola Giovana Amaya Acuña, Fernanda Infante Ávalos, Mónica Piceno Hernández, Reyna Correo Cruz y Patricia Santillán Carvantes, del PCS de la UNAM. Agradecemos también a las personas de las comunidades de Umécuaro, Nieves, Loma Caliente y Santiago Undameo, por el tiempo dedicado y la buena disposición. A la Dra. Ana Burgos por su orientación y apoyo, y a la Mtra. Rosaura Páez del Laboratorio de Análisis de Suelo y Agua del CIGA-UNAM, facilitando los recursos necesarios para el análisis de agua y acompañando dicho análisis. A Héctor Sánchez Sepúlveda por haber apoyado la realización del estudio, primero desde su trabajo en el IMPLAN y posteriormente como independiente proveyendo información. Al IMPLAN, por gestionar el estudio y facilitar recursos.

Agradecemos también a los colegas del Posgrado en Geografía de la UNAM, quienes apoyaron con la toma de muestras de agua durante la temporada de secas para el análisis de calidad del agua. Agradecemos las becas otorgadas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONAHCyT) a Diego Subercaseaux Ugarte (doctorado), y a Javier Guzmán Sánchez y Eduardo Tapia Lemus (maestría). Finalmente, agradecemos al Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad de la UNAM.

✱ FE DE ERRATAS

En dos ocasiones, en el artículo se le llama “alga” a *Elodea sp.*, lo cual es un error. Eso ocurre en la [Tabla 3](#), en la columna “Disponibilidad y calidad de agua, y proliferación de plantas acuáticas”, y en el [Anexo 3](#). “Cambios a través del tiempo en la microcuenca de la Presa de Umécuaro”, en el año 2017. En ambos casos, debería decir “planta acuática” en vez de “alga”.

Pueden consultar el fascículo de Hydrocharitaceae de la Flora del Bajío:

Bonilla-Barbosa, J., & Santamaría Araúz, B. (2010). FAMILIA HYDROCHARITACEAE. Flora Del Bajío y de Regiones Adyacentes. <https://doi.org/10.21829/fb.78.2010.168>

■ BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M. y Toledo, V.M. (2011) The agroecological revolution in Latin America: Rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *J. Peasant Stud.* 2011, 38, 587–612.
- Arias, D. M., Roldan, M. V., & Vélez, M. U. A. (2019). Uso del índice normalizado de vegetación para la elaboración de planos de cultivo. *Opuntia Brava*, 11(2), 261-265.
- Astier M., Y. Merlín-Urbe, L. Villamil-Echeverri, A. Garciarreal, M. Gavito y O. Masera. (2014). Energy balance and greenhouse gas emissions in organic and conventional avocado orchards in Mexico. *Ecological Indicators* 43: 281-287.
- Borquéz Gonzalez, R. (2017). Interfaz Ciencia – Políticas Públicas en Chile: una mirada a la investigación en cambio climático. *Rev. Colomb. Soc.* 40(2), 311-332.
- Braz, A. M.; Mirandola Garcia, P. H.; Pinto, A. L.; Salinas Chávez, E.; de Oliveira, I. J. (2020). “Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra.” *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 29 (1): 69-85. DOI: 10.15446/rcdg.v29n1.76232
- Brugnach, M. y Özerol, G. (2019) Knowledge Co-Production and Transdisciplinarity: Opening Pandora’s Box. *Water*, 11, 1997; DOI: 10.3390/w11101997
- Burgos, A.; Anaya, C.; Solorio, I. (2012) Informe Final Etapa 2: Evaluación del Impacto Ecológico del Cultivo de Aguacate a Nivel Regional y de Parcela en el Estado de Michoacán: Validación de Indicadores Ambientales en los Principales Tipos de Producción; Informe Final a la Fundación Produce Michoacán (FPM) y la AAL-PAUM; Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA/UNAM Campus Morelia): Morelia, México, 2012.
- Campaña-Olaya, J., y Tafur, E. G. (2021). Análisis multitemporal mediante SIG de la sequía y la deforestación en la Reserva Nacional de Tumbes-Perú, 1986-2019. *Manglar*, 18(3), 267-274.
- Caro Lara, I., Romero Otálora, Z., y Lora Silva, R. (2009). Producción de abonos orgánicos con la utilización de elodea (*Egeria densa*) presente en la laguna de Fúquene. *U.D.C.A. Actualidad y divulgación científica*, 91-100.
- Casti, J.L. (1994) *Complexification*. HarperCollins: New York, USA, 1994.
- Challenger, A. (1998) Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Chávez-León, G.; Tapia Vargas, L.M.; Bravo Espinoza, M.; Sáenz Reyes, J.; Muñoz Flores, H.J.; Vidales Fernández, I.; Alcántar Rocillo, J.J. (2012) Impacto del Cambio de uso de Suelo Forestal a Huertos de Aguacate; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: Uruapan, México, 2012.
- Cotler, H. (2020). La sustentabilidad del agua: entre la integridad y la gobernanza de las cuencas Water sustainability: between river basin integrity and governance. Aparece en los siguientes catálogos: Nacionales, 41.
- Davis, B. (2000) Las políticas de ajuste de los ejidatarios frente a la reforma neoliberal en México. *Revista de la CEPAL* 2000, 72, 99-119
- De la Vega-Rivera, A. y Merino-Pérez, L. (2021) Socio-Environmental Impacts of the Avocado Boom in the Meseta Purépecha, Michoacán, México. *Sustainability* 2021, 13, 7247. <https://doi.org/10.3390/su13137247>

- Delgado, T. S. (2009). Evaluación de sustentabilidad de los sistemas de producción rural en tres comunidades de la microcuenca Umécuaro-Loma Caliente, Michoacán. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. 157pp.
- DOF [Diario Oficial de la Federación]. (1989) Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Aguas CE-CCA-001/89. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4837548&fecha=13/12/1989
- DOF [Diario Oficial de la Federación]. (2000) Modificación de Norma Oficial Mexicana-127-SSA1-1994, Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamiento a que se debe someterse el agua para su potabilización. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110520/MODIFICACION_A_LA_NORMA_NOM_127_SSA1_1994_22_NOVIEMBRE_2000.pdf
- Draga, M., y Gabka, M. (2024). The beneficial effect of barley straw extract addition on the growth of two aquatic invasive alien species (*Elodea nuttallii* and *Cabomba caroliniana*) under laboratory conditions. *Biologia*, 79(1), 11-21.
- Eakin, H. (2005) Institutional Change, Climate Risk, and Rural Vulnerability: Cases from Central Mexico. *World Dev.* 2005, 33, (11), 1923–1938.
- Eakin, H.; Sweeney, S.; Lerner, A.M; Appendini, K.; Perales, H.; Steigerwald, D.G.; Dewes, C.F.; Davenport, F.; Bauschi, J.C. (2018) Agricultural change and resilience: Agricultural policy, climate trends and market integration in the Mexican maize system. *Anthropocene* 2018, 23, 43–52.
- Engels, A. (2005). The Science-Policy Interface. *The Integrated Assessment Journal* 5, 7-26.
- Gastó, J.; Subercaseaux, D.; Vera, L. y Tomic, T. (2012). Agriculture and Rurality as Constructor of Sustainable Cultural Landscape, *Landscape Planning*, Murat Ozyavuz (Ed.), ISBN: 978-953-51-0654-8, InTech, disponible en: <http://www.intechopen.com/books/landscape-planning/agriculture-and-rurality-as-constructor-of-sustainable-cultural-landscape>
- Global Invasive Species Database (2024) Species profile: *Elodea canadensis*. Recuperado de <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=290> on 25-05-2024.
- Gonfiantini, V. 2021. Pensamiento Complejo, Transdisciplinariedad y Educación Universitaria. Conferencia Magistral. III Congreso Mundial de Transdisciplinariedad.
- González, H. (2014) Specialization on a global scale and agrifood vulnerability: 30 years of export agriculture in Mexico. *Dev. Stud. Res.* 2014, 1, 1,295-310. DOI: 10.1080/21665095.2014.929973.
- Guevara, M. A. y Gómez-Tagle, A. G. (2012). Análisis Morfométrico y delimitación de unidades ambientales homogéneas de la subcuenca hidrográfica Umécuaro-Loma Caliente. En Bravo-Espinosa et al (Edits.), *Contribuciones para el desarrollo sostenible de la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán* (págs. 64-72). Michoacán, México: INIFAP-Campo experimental Uruapan. UNAM-Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental.
- Guzmán, G.; González de Molina, M.; Sevilla, E., Eds. (2000) *Introducción a la Agroecología como Desarrollo Rural Sostenible*. Ediciones mundi-prensa: Madrid, España, 2000.
- IMPLAN Morelia. (2019) Plan Municipal de Desarrollo Morelia 2018-2021. Editado por el Instituto Municipal de Planeación de Morelia (IMPLAN Morelia). 165 pp

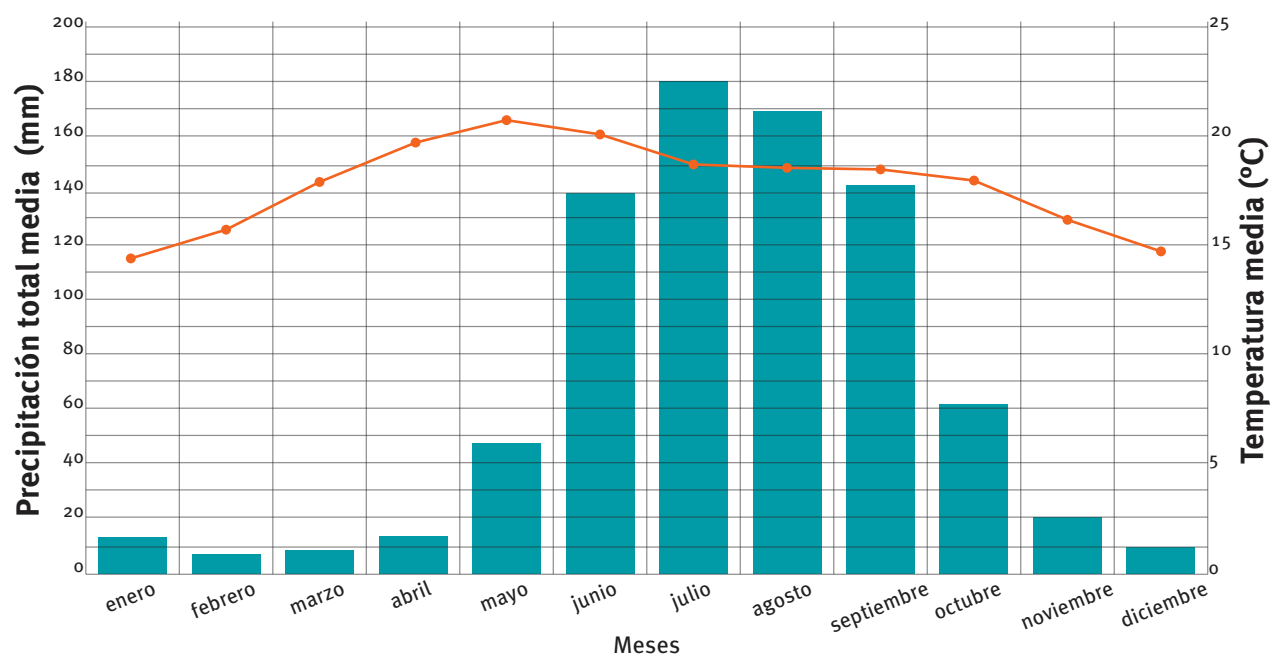
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., ... & Shepers, D. (2020). The ERA5 global reanalysis, quarterly journal of the royal meteorological society. 146, 1999–2049
- Jahn, T.; Bergmann, M.; Keil, F. (2012). Transdisciplinarity: Between mainstreaming and marginalization. *Ecol. Econom.* 79, 1–10.
- Joffe, H. (2012). “Thematic Analysis”, in *Qualitative Research Methods in Mental Health and Psychotherapy: A Guide for Students and Practitioners*, eds. D. Harper and A. Thompson (Chichester, SXW: Wiley-Blackwell), 209-223.
- Klein, J.T.; Grossenbacher-Mansuy, W.; Häberli, R.; Bill, A.; Scholz, R.; Welti, M., Eds. (2001) *Transdisciplinarity: Joint problem solving among science, technology, and society*. Birkhäuser Verlag: Berlin, Germany, 2001.
- Klein, J.T. (2004). Prospects for transdisciplinarity. *Futures*, 36, 515-526.
- Klein, J.T. (2014) *Discourses of Transdisciplinarity: Looking Back to the Future*. *Futures* 2014, 63, 68-74.
- Lang, D. J.; Wiek, A.; Bergmann, M.; Stauffacher, M.; Martens, P.; Moll, P.; Swilling, M.; Thomas, C. J. (2012). Transdisciplinary research in sustainability science: Practice, principles, and challenges. *Sustain. Sci.* 7 (Suppl. S1), 25–43.
- Lee, KE.; Abdullah, R.; Hanafiah, MM.; Halim, AA.; Mokhtar, M.; Goh, CT.; Alam, L. (2018) *An Integrated Approach for Stakeholder Participation in Watershed Management*. 135 – 143. En: *Environmental Risk Analysis for Asian-Oriented, Risk-Based Watershed Management*. Springer. 196 pp.
- López-Pérez, A., Martínez-Menes, M. R., & Fernández-Reynoso, D. S. (2015). Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de vegetación. *Tecnología y ciencias del agua*, 6(1), 121-137.
- Maheshwari, B., Varua, M., Ward, J., Packham, R., Chinnasamy, P., Dashora, Y., ... & Rao, P. (2014). The role of transdisciplinary approach and community participation in village scale groundwater management: insights from Gujarat and Rajasthan, India. *Water*, 6(11), 3386-3408. DOI:10.3390/w6113386
- Max-Neef, M. (2005) *Foundations of transdisciplinarity*. *Ecol Econ* 2005, 53, 5-16.
- Morin, E. (1990) *Introducción al pensamiento complejo*. Editorial Gedisa: Barcelona, España, 1990.
- Merçon, J. (2018). *Experiencias de colaboración transdisciplinaria para la sustentabilidad*. Coplt ArXives.
- Merlín Y.; Villamil-Echeverri, L.; Martínez Cruz, J.; Ramírez García, E.; Ayala Barajas, R.; Astier Calderón, M. y Gavito Pardo, M. E. (2014). Biodiversidad útil: Plantas e insectos benéficos asociados al cultivo de aguacate en Michoacán. *Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental-Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia*, 99 pp.
- Misteli, B., Pannard, A., Aasland, E., Harpenslager, S. F., Motitsoe, S., Thiemer, K., ... & Thiébaud, G. (2023). Short-term effects of macrophyte removal on aquatic biodiversity in rivers and lakes. *Journal of environmental management*, 325, 116442.

- Negrete, G. y G. Bocco. (2003) El ordenamiento ecológico comunitario: una alternativa de planeación participativa en el contexto de la política ambiental de México. GACETA ECOLÓGICA. NÚMERO 68, 9-22.
- Nicolescu, B. (2005). Transdisciplinarity - Past, Present and Future. En: II Congreso Mundial de Transdisciplinariedad. Vitoria, Brasil.
- Nicolescu, B. (2014) Methodology of Transdisciplinarity. World Futures 2014, 70, 186-199. DOI: 10.1080/02604027.2014.934631
- Orozco, Q. (2006) Cinco experiencias de Ordenamiento Territorial Comunitario en Michoacán. 209 – 228. En: Salvador Anta Fonseca, Arturo V. Arreola Muñoz, Marco A. González Ortiz y Jorge Acosta González (Compiladores). Ordenamiento Territorial Comunitario. Un debate de la sociedad civil hacia la construcción de políticas públicas. 254 pp.
- Ortega Uribe, T.; Mastrangelo, M. E.; Villarroel Torrez, D.; Piaz, A. G.; Vallejos, M.; *et al.* (2014). Estudios transdisciplinarios en socio-ecosistemas: reflexiones teóricas y su aplicación en contextos latinoamericanos; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático; Investigación Ambiental, Ciencia y política pública; 6; 2; 151-164.
- Prat, C.; Márquez, A.; y Esteves, M. (2007). Estudio batimétrico de la presa de Cointzio y de Umécuaro. s.l. : s.n., 3 p. multigr. Simposium : Acciones y Resultados para el Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán, Morelia (MEX), 2007/10/04.
- Rojas, C., Sepúlveda-Zúñiga, E., Barbosa, O., Rojas, O., & Martínez, C. (2015). Patrones de urbanización en la biodiversidad de humedales urbanos en Concepción metropolitana. Revista de Geografía Norte Grande, (61), 181-204.
- Röling, R. (2000). Gateway to the Global Garden: Beta/Gama Science for Dealing with Ecological Rationality. In Eight Annual Hopper Lecture; University of Guelph: Guelph, ON, Canada.
- Romero, H., y Vásquez, A. (2005). Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del piedemonte andino de Santiago de Chile. Eure, 31(94), 97-117.
- SAGARPA [Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación]. (2004). “Plan rector de producción y conservación de la microcuenca Umécuaro, Municipio de Morelia, Michoacán” Fideicomiso de Riesgo Compartido. Morelia, Mich., diciembre 2004.
- Saldaña, J. (2013). The Coding Manual for Qualitative Researchers (2nd ed.). London: SAGE Publications Ltd.
- Sánchez, A., García, R. M. G., & Palma, A. (2003). La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales (Primera). México: SEMARNAT, Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable: Cruzada por los Bosques y el Agua. Recuperado a partir de http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/cuenca_hidrografica.pdf.
- Spangenberg, J.M. (2011) Sustainability science: a review, an analysis and some empirical lessons. Environ. Conserv 2011, 38 (3), 275–287.

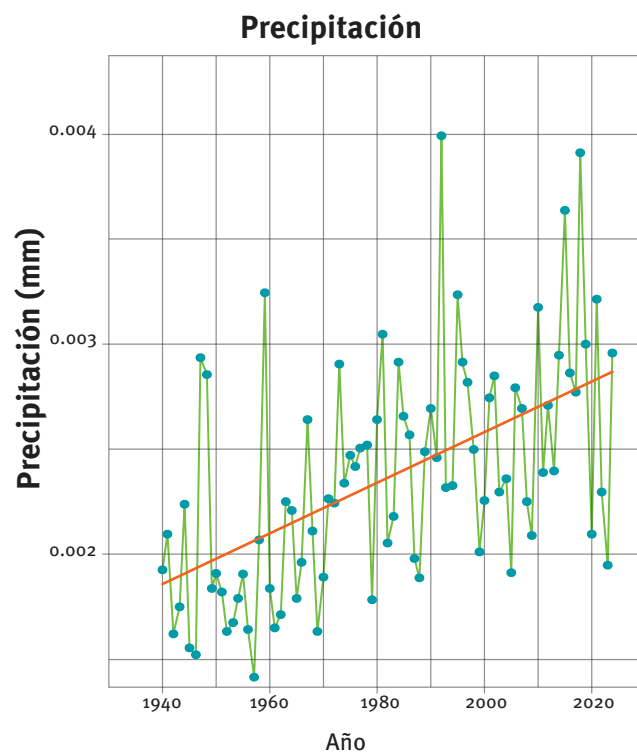
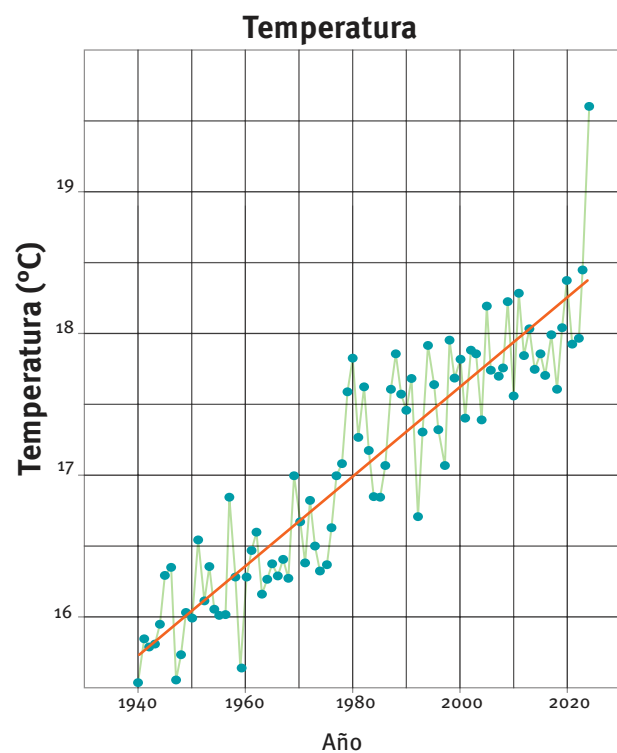
- Subercaseaux, D.; Moreno-Calles, A.I.; Astier, M. y Hernández, J. (2021). Emerging Agro-Rural Complexities in Occident Mexico: Approach from Sustainability Science and Transdisciplinarity, *Sustainability*, 13, no. 6: 3257. <https://doi.org/10.3390/su13063257>
- Subercaseaux, D.; Bocco, G., Cumana, I., Moreno-Calles, A.I., Astier, M. y Navarrete, A. (2025). Cambio de Uso del Suelo e Implicaciones de la Expansión Agroindustrial Aguacatera en el Occidente de México, *Revista De Geografía Norte Grande*, 90: 1-27.
- Subercaseaux, D.; Moreno Calles, Ana; Astier, Marta; Gerardo, Bocco. (2022). Trayectorias Campesinas ante Industrialización Agrícola, Abordaje Complejo. SCMA. 2022. DOI: 10.13140/RG.2.2.12676.19842.
- Taylor, S. y Bogdan, R. (1987). Introducción a los Métodos Cualitativos de Investigación. Ediciones Paidós Ibérica S.A. Barcelona, España.
- Toledo, V.M.; Alarcón-Cháires, P.; Barón, L. (2002) La Modernización Rural de México: un análisis socio-ecológico. SEMARNAP, INEGI, UNAM: D.F., México, 2002.
- Toledo, V.M. y Barrera-Bassols N. (2008) La Memoria Biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales; Icaria editorial s.a.: Barcelona, Spain, 2008.
- Umetsu, C.; Taniguchi, M.; Watanabe, T; y Yachi, S. (2010). Transdisciplinary Research in Watershed Conservation: Experiences, Lessons, and Future Directions. 77-102. En: James A. Roumasset, Kimberly M. Burnett, Arsenio M. Balisacan (Eds.). *Sustainability Science for Watershed Landscapes*. ISEAS Publishing. 346
- van Eeten, M. (1999). Dialogues of the deaf on science in policy controversias. *Science and Public Policy* 26(3), 185–192.
- Velázquez, V. (2019) Territorios encarnados. Extractivismo, comunalismos y género en la Meseta P'urhépecha; Universidad de Guadalajara-CIESAS-Jorge Alonso: Guadalajara, México, 2019.
- Villamil L.; Astier, M.; Merlín, Y.; Ayala-Barajas, R.; Ramírez-García, E.; Martínez-Cruz, J.; Devoto M. y Gavito, M. E. (2018). Management practices and diversity of flower visitors and herbaceous plants in conventional and organic avocado orchards in Michoacán, Mexico, *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42:5, 530-551, DOI: 10.1080/21683565.2017.1410874
- Waltner-Toews, D.; Kay, J.J.; Neudoerffer, C.; Gitau, T. (2003) Perspective changes everything: managing ecosystems from the inside out. *Front Ecol Environ* 2003, 1, 23–30.
- Weinstein, M. (2010). Sustainability science: The emerging paradigm and the ecology of cities. *Sustainability: Science, Practice, & Policy*, 6 (1), 1–5.
- Yarrow, M.; Marín, V. H.; Finlayson, M.; Tironi, A.; Delgado, L. E. y Fischer, F. (2009). The ecology of *Egeria densa* Planchon (Liliopsida: Alismatales): A wetland ecosystem engineer? *Revista Chilena de Historia Natural*, 299-313.
- Zafra-Calvo, N.; Balvanera, P.; Pascuala, U.; Merçon, J.; Martín-López, B.; van Noordwijk, M.; Mwampamba, T.H.; Lele, S.; Speranza, C.I.; Arias-Arévalo, P.; Cabrol, D.; Cáceres, D.M.; O'Farrell, P.; Mazhenchery Subramanian, S.; Devy, S.; Krishnan, S.; Carmenta, R.; Guibrunet, L.; Kraus-Elsin, Y.; Moersbergers, H.; Cariñot, J.; Díazu, S. (2020) Plural valuation of nature for equity and sustainability: Insights from the Global South. *Global Environmental Change* 63, 102115.

ANEXOS

Anexo 1. Climograma



Anexo 2. Medias anuales y tendencias en microcuenca de la presa de Umécuaro

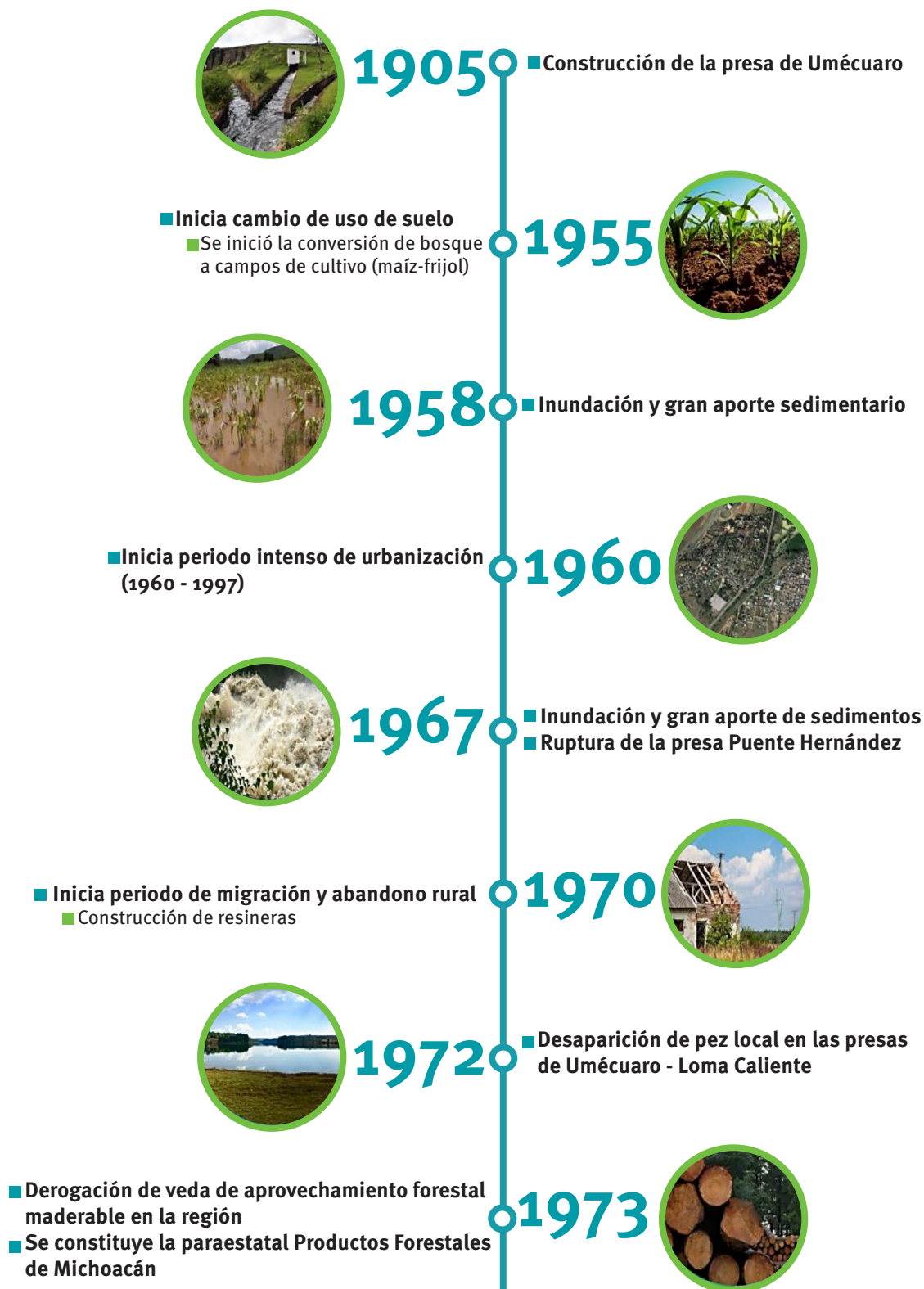


Base de datos: ERA5 ([Herbasch et.al. 2020](#))

SUSTENTABILIDADES

MIRADAS DESDE AMÉRICA LATINA

■ Anexo 3. Cambios a través del tiempo en la microcuenca de la Presa de Umécuaro



SUSTENTABILIDADES

MIRADAS DESDE AMÉRICA LATINA



1975

■ Intensificación de programas de reforestación

■ SAGARPA, Unión de Productores Forestales de Michoacán y la Comisión Forestal del Estado, instauran programas de reforestación de distintas especies

■ Inundación y gran aporte de sedimentos

1980



1981

■ Inundación y gran aporte de sedimentos

■ Inicia la ampliación de la frontera agrícola

■ Por baja productividad en zonas agrícolas, se amplían los sembradíos sobre el bosque

1994



1997

■ Instalación de las primeras huertas de aguacate

■ Primeras percepciones de cambios en el clima por parte de los pobladores de la cuenca

1998



2000

■ Desarrollo de fraccionamientos campestres

■ Pavimentación de la carretera Santiago Undameo - Umécuaro

■ Inicio de compra de tierras en Umécuaro

■ Inicia desconfianza de pobladores por el uso de suelo y agua por parte de empresarios aguacateros

■ Aumento del uso de fertilizantes

■ Detención de la obra del hotel en Umécuaro

2003



SUSTENTABILIDADES

MIRADAS DESDE AMÉRICA LATINA



2005

■ Azolvamiento de la presa de Umécuaro

- La batimetría realizada muestra que el 30% del volumen inicial de la presa tiene sedimentos orgánicos, que pudo ser ocasionado por el arrastre de los suelos ándicos hace 50 años

- Reducción de superficie forestal de 1,961.9ha a 1,671.0ha

2007



2008

- Muerte de peces en época de lluvias en la presa de Loma Caliente
- Desajuste en el temporal de lluvias

- Aumento de a expansión de huertas de aguacate
- Construcción de ollas de agua privadas “con permiso de CONAGUA”
- 43% de la cobertura de suelo es agricultura
- Caracterización del embalse (Suspeguerri, 2009)
- Tesis: Evaluación de objetivos de sustentabilidad en la evaluación de los sistemas de producción rural en la microcuenca Umécuaro - Loma Caliente

2009



2010

- Promoción turística de la región por parte del Ayuntamiento

■ Publicación de Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Morelia

- Se ordena el municipio con Unidades de Gestión Ambiental que determinan usos de suelo compatibles y no compatibles

2012



SUSTENTABILIDADES

MIRADAS DESDE AMÉRICA LATINA



2013

■ Conflicto relacionado a la gestión del agua

- Aumento del uso de plaguicidas
- Permiso de aprovechamiento forestal maderable (PMFM) en Loma Caliente

■ Inicia la instalación de invernaderos de fresa, zarzamora y arándanos



2014



2015

- Aumento de perforación de pozos
- CONAGUA reporta 50% de invasión de elodea en presa de Umécuaro
- Acercamiento del ejido de Nieves a CONAGUA, SEMARNAT y PROFEPA
- Cambia patrón de lluvias por cañones antigranizo
- SECTUR y tour operadoras colaboran

- Ejido de Nieves presenta denuncia ante SEMARNAT y CONAFOR
- Contaminación de manantial de Nieves por perforación de pozo
- Muerte de peces de época de lluvias en presa de Loma Caliente
- Aumento de inseguridad



2016



2017

■ Aumento de la presencia de planta acuática *elodea sp.*

- Iniciativa de pobladores para erradicar a la elodea con truchas
- La elodea creció en 25% más que en el 2015 y su presencia alcanzó el 70% de la presa de Umécuaro

■ Solicitud de ejidos de la Cuenca para volver Área Natural Protegida una fracción de su terreno

- Loma Caliente
- Nieves en conjunto con el municipio de Villa Madero



2018