

# Amenazas al paisaje agrícola tradicional del sur de Yucatán, México: una mirada desde el análisis socioecológico

## *Threats to the traditional agricultural landscape of southern Yucatan, Mexico: a perspective from the socioecological analysis*

Laura Patricia Serralta-Batun<sup>1</sup> , Juan José Jimenez-Osornio<sup>1</sup> , Miguel Ángel Munguía-Rosas<sup>2</sup> , Karla Juliana Rodríguez-Robayo<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Departamento de Manejo de Recursos Naturales Tropicales, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), Xmatkuil, México. E-mails: laura.serralta@hotmail.com; josornio@uady.mx

<sup>2</sup>Laboratorio de Ecología Terrestre, Departamento de Ecología Humana, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav), Mérida, México. E-mail: munguiarma@cinvestav.com

<sup>3</sup>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera, Colombia. E-mail: kjrodriguez@agrosavia.co

**Cómo citar:** Serralta-Batun, L. P., Jimenez-Osornio, J. J., Munguía-Rosas, M. A., & Rodríguez-Robayo, K. J. (2024). Amenazas al paisaje agrícola tradicional del sur de Yucatán, México: una mirada desde el análisis socioecológico. *Revista de Economía e Sociología Rural*, 62(1), e265073. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.265073>

**Resumen:** El paisaje milpa es un territorio con una marcada relación entre las poblaciones mayas y las selvas que se manifiestan en estrategias de manejo de los agroecosistemas locales: la milpa, el huerto familiar y la vegetación secundaria. El paisaje milpa enfrenta múltiples presiones socioambientales que requieren de marcos analíticos transdisciplinarios que permitan su comprensión integral. El objetivo de este trabajo fue analizar en las interacciones que establecen los componentes humanos y biofísicos. Se utilizó el marco de sistemas socioecológicos, para su operacionalización se revisó información secundaria y se aplicaron 257 encuestas en dos municipios. Los resultados muestran que las relaciones socioecológicas son influenciadas por aspectos de gobernanza y la tenencia de la tierra. El sistema milpa prevalece en los medios de vida, pero coexistiendo con factores que amenazan su estabilidad como la pérdida de la lengua maya, el bajo relevo generacional, la economía de mercado, el alto empleo de agroquímicos y los patrones climáticos. Se concluye que esfuerzos basados en la revalorización de la milpa, la integración participativa de conocimientos y el desarrollo de esquemas de gobernanza adaptativa podrían repercutir positivamente en la sostenibilidad de este paisaje cultural.

**Palabras clave:** milpa, sistema socioecológico, huerto familiar, agroecología, comunidades indígenas mayas.

**Abstract:** The milpa landscape is a territory where there is a close relationship between the Mayan populations and the forest manifested in agroecosystem management strategies such as: the milpa, the home garden and the secondary vegetation. The milpa landscape faces multiple socio-environmental pressures that require transdisciplinary analytical frameworks that allow its comprehensive understanding. The objective of this work is to analyze through variables that allow us to deepen into the socioecological relationships established by the human and biophysical components of southern Yucatán. The framework of socio-ecological systems was used, for its operationalization secondary information was reviewed and 257 surveys were applied in two municipalities. The results show that socioecological relationships are influenced by aspects of governance and land tenure. The milpa system prevails in livelihoods, but coexists with factors such as the loss of the Mayan language, the low generational change, the market economy, the high prevalence of agrochemicals and weather patterns. It is proposed that efforts based on the revaluation of the milpa, the participatory integration of knowledge and the development of adaptive governance schemes could have positive repercussions on sustainability if this biocultural landscape.

**Keywords:** milpa, socio-ecological systems, home garden, agroecology, Mayan indigenous communities.

## 1. Introducción

Existe un creciente interés por los enfoques a escala de paisaje como punto de partida para dar lugar a modelos de desarrollo que integren factores sociales, económicos y ambientales



en un determinado espacio y tiempo (Agnoletti, 2014). El paisaje se define como un área delimitada por un determinado actor que se usa para un conjunto específico de objetivos. Se caracteriza por su heterogeneidad, ya que, en él, componentes físicos, ambientales y humanos interactúan bajo reglas físicas, biológicas y sociales que determinan las relaciones entre todos los componentes y con el paisaje mismo (Sayer et al., 2013). Los paisajes cambian constantemente a causa de impulsores tanto naturales como, principalmente, antropogénicos (Petrosillo et al., 2015); por lo tanto, el paisaje existe como una entidad concebida por los humanos, que consideran sus componentes naturales, pero que constituye, en gran parte, una construcción cultural (Agnoletti, 2014).

En este contexto, se reconoce la existencia de paisajes caracterizados por una larga historia de prácticas agrícolas, que en gran medida persisten en la actualidad y que han dado lugar a una co-evolución entre el humano y su entorno natural. Esta relación crea un paisaje de alto valor biocultural (Dorresteijn et al., 2015) que incorpora principios y prácticas basados en el conocimiento tradicional. Los paisajes agrícolas tradicionales destacan por sustentar una alta biodiversidad, que, a su vez, se ve enriquecida por las relaciones sociológicas recíprocas entre las comunidades rurales y los ecosistemas (Dorresteijn et al., 2015). De esta forma, dichos paisajes pueden visualizarse como sistemas socioecológicos (SSE), ya que representan un sistema integrado entre humanos y naturaleza (Ostrom, 2009). En los SSE tradicionales se mantiene un estrecho vínculo y dependencia de las comunidades locales hacia los servicios ecosistémicos que proporciona el bosque circundante, por lo que en dichas comunidades es común que se desarrollen conocimientos para su gestión, apoyados por instituciones<sup>1</sup> locales, con el fin de proteger la capacidad del ecosistema para proporcionar dichos servicios (Hartel et al., 2016).

Los paisajes agrícolas tradicionales se valoran cada vez más porque constituyen un valioso patrimonio natural, sin embargo, a nivel global, diversos cambios multifactoriales que modifican los vínculos entre las poblaciones humanas y sus ecosistemas provocan que el contexto en el que dichos paisajes se han formado y mantenido esté desapareciendo rápidamente (Petrosillo et al., 2015), de manera que se ejerce presión sobre los paisajes agrícolas tradicionales y su biodiversidad asociada. Para frenar esta tendencia, han surgido iniciativas como la denominada Sistemas Importantes de Patrimonio Agrícola Mundial (SIPAM), cuyo objetivo es el resguardo de paisajes, de los sistemas de conocimiento asociados a ellos y de la biodiversidad agrícola. De estos sistemas forma parte la milpa maya de la Península de Yucatán, México.

El paisaje milpa<sup>2</sup> es un territorio que abarca 64 municipios de los tres estados de la Península de Yucatán (Campeche, Quintana Roo y Yucatán), en el que predomina la coexistencia de bosques tropicales con la milpa como sistema agroalimentario (Méndez et al., 2022). La estrecha relación que guardan las poblaciones mayas con las selvas se manifiesta en las diversas estrategias de manejo del paisaje que se ha practicado por miles de años, y que da lugar a la coexistencia de la milpa, el huerto familiar y las selvas (maduras y secundarias) (García-Frapolli et al., 2008).

El agroecosistema milpa es un policultivo temporal, cuyo producto principal es el maíz, el cual crece asociado con frijol, calabaza, chile y otras especies que varían de acuerdo con la región (Mariaca, 2015). En la milpa, además, se practican actividades complementarias como la cacería, la apicultura, la recolección de plantas silvestres, la obtención de materiales de construcción y la extracción de madera (Rodríguez-Robayo et al., 2020a). Por otra parte, otro agroecosistema

<sup>1</sup> El término instituciones se refiere a las reglas en uso que estructuran el comportamiento humano (Ostrom, 2009). Instituciones que influyen en las decisiones de uso de suelo en un territorio son, por ejemplo, los ejidos, las organizaciones comunitarias, los mercados y los programas de conservación.

<sup>2</sup> El paisaje milpa hace referencia al paisaje resultante de las complejas interacciones que establecieron los antiguos mayas con la selva a través de un sistema de manejo basado en el ciclo de la milpa, con la selección y el manejo de las especies de su interés (Ford & Topsey, 2019).

asociado al paisaje milpa es el huerto familiar. Este es un espacio que las familias sitúan junto a sus viviendas y que destinan principalmente a cubrir sus necesidades de subsistencia y su manejo se basa en la selección de especies para siembra o tolerancia; frecuentemente integra también el componente animal (Jiménez-Osornio et al., 2015). El manejo conjunto del huerto, la milpa y la vegetación secundaria es parte de una cosmovisión específica y mantiene un conocimiento tradicional (Rodríguez-Robayo et al., 2020a).

El paisaje biocultural milpa de la Península de Yucatán ha experimentado un proceso paulatino de transformación que se debe a razones de índole tanto económica, como ambiental y social. El desarrollo actual ha promovido y facilitado la transformación de ecosistemas en agroecosistemas, y de agroecosistemas diversificados en monocultivos. Los cambios en las prácticas agrícolas y su estandarización conllevan, además, la pérdida de saberes locales y provocan la venta de tierras (Jiménez-Osornio et al., 2003). Este último factor está influenciado por el crecimiento poblacional y el crecimiento urbano, procesos que detonan cambios en la dinámica de las comunidades, como la reducción de ingresos agrícolas y la necesidad de una diversificación de las fuentes de ingresos, además de procesos intensivos de cambio de uso de suelo (Rodríguez-Robayo et al., 2020a).

Para comprender estos procesos de cambio se requiere analizar las complejas dinámicas socioambientales actuales, y para ello se necesitan marcos analíticos inter y transdisciplinarios que permitan la identificación de trayectorias de sostenibilidad en la gestión de los ecosistemas (Berrio-Giraldo et al., 2021), lo cual supone un aspecto pertinente ante un escenario en el cual las intervenciones de desarrollo frecuentemente se basan en modelos simplificados de las dinámicas socioecológicas (Hänke et al., 2017).

El abordaje de aspectos complejos en los agroecosistemas requiere de instrumentos adecuados y multidimensionales que partan de una base metodológica general, pero que sea flexible para poder adaptarse a cada situación particular (Blandi et al., 2021). En este contexto, el marco propuesto por McGinnis & Ostrom (2014) es una herramienta de diagnóstico útil para comprender los determinantes de la sostenibilidad en SSE complejos.

En este artículo se utiliza de forma novedosa el marco de SSE con el objetivo de analizar el paisaje biocultural milpa en el sur del estado de Yucatán. Para ello se parte de una serie de variables que permiten profundizar en las relaciones socioecológicas que se establecen entre los componentes humanos y biofísicos del paisaje milpa, así como los factores que condicionan su mantenimiento. Con esto, el presente artículo ofrece un panorama integrado y actual del contexto social, económico y ambiental asociado al paisaje milpa, que permitirá coadyuvar al diseño e implementación de acciones encaminadas al manejo y gestión de los recursos naturales.

## **2. Fundamento teórico**

### **2.1 El marco de sistemas socioecológicos y el análisis de paisajes agrícolas**

Los sistemas socioecológicos (SSE) constituyen la unidad de análisis sobre la cual se orienta el proceso investigativo. Ostrom (2009) y McGinnis & Ostrom (2014) proponen un marco para el análisis de los SSE que, además de ofrecer una visión integral del sistema, permite proveer un mejor entendimiento acerca de cómo las diferentes configuraciones sociales, ecológicas e institucionales en el entorno del sistema afectan a su sostenibilidad.

El marco de SSE integra cinco dimensiones: (1) el sistema de recursos, que involucra al medio biofísico; (2) la unidad de recursos, que tiene en cuenta las características de las unidades extraídas del sistema de recursos; (3) los actores, que son los participantes directos en los procesos de

uso de los recursos; (4) el sistema de gobernanza, que establece las reglas operacionales de las intervenciones directas sobre los sistemas y sobre los recursos (McGinnis, 2011; McGinnis & Ostrom, 2014, Merino, 2014) y (5) la situación de acción, que engloba aquellas acciones de los actores que detonan cambios e interacciones sobre alguna de las categorías del esquema. El desempeño sostenible de la situación de acción se analiza a través de las variables relacionadas con los resultados sociales y ecológicos (Guisepelli et al., 2018).

Las cinco dimensiones están influenciadas de dos componentes exógenos: (1) los escenarios sociales, económicos y políticos, es decir, el contexto más amplio en el cual se ubica el sistema de gobernanza *per se* que incluye los efectos de la dinámica del mercado y el cambio cultural y (2) los ecosistemas relacionados, o el contexto ecológico más amplio en el cual se ubica el sistema de recursos locales; además, es necesario tener en cuenta los determinantes de influencias exógenas potenciales (McGinnis, 2011). Estos componentes de primer nivel se descomponen a través de una estructura anidada en variables de segundo, tercer o cuarto nivel, lo que permite un análisis detallado. De esta forma, el uso del marco de SSE contribuye a superar las limitaciones de los análisis que se realizan únicamente a partir de un campo particular, ya que proporciona un lenguaje de uso común que permite comparar de diferentes casos e identificar de cómo diferentes arreglos socioecológicos influyen en las interacciones entre los componentes del sistema y en sus resultados visibles (Arias-Arévalo & Pacheco-Valdés, 2023).

Si bien el marco SSE se ha venido gestando desde inicios de la década de los 2000, y se propuso como marco aplicable en 2014, en Latinoamérica su implementación para ámbitos relacionados con paisajes y sistemas agrícolas se encuentra en una etapa temprana. Es pertinente mencionar el trabajo de Marques-Severo & Matte (2020), quienes analizan el uso y manejo de recursos de uso común en el bioma pampeano por parte de un colectivo de ganaderos familiares en Uruguay. En Argentina, Seghezzi et al. (2020) desarrollaron un modelo participativo que incorporó el marco de SSE para analizar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Castañeda-Ccori et al. (2020) investigaron la sostenibilidad socioecológica de los sistemas agroforestales con cacao en comunidades rurales en la Amazonia, en el este de Ecuador. Por su parte, Drexler (2021) analizó el impacto de la mejora la percepción de prácticas de agricultura climáticamente inteligente en la mejora de la productividad y sostenibilidad de las milpas del sur de Belice; mientras que Tubenclak et al., (2021) discutieron el impacto de la agricultura en la conformación del paisaje y el potencial de su restauración a través del fomento de sistemas agroforestales y sus interacciones socioecológicas en Brasil.

La aplicación del marco SSE en estos contextos ha permitido identificar la importancia que tienen los lazos comunitarios, las habilidades y las capacidades organizativas de los actores locales en la sostenibilidad del sistema. Los resultados prácticos obtenidos concuerdan con el análisis de Ostrom (2009), quien señala que el manejo sustentable de los recursos debe considerar las dinámicas sociales económicas y geográficas, ya que constituyen un elemento fundamental para el éxito de los proyectos. Además, la presencia de instituciones que permitan la autoorganización y acción colectiva es esencial, pues, a mayor autoorganización, mayor tendencia a la sostenibilidad del sistema (Marques-Severo & Matte, 2020).

### 3. Metodología

#### 3.1 Área de estudio

La Península de Yucatán se localiza en el extremo sureste de la República Mexicana. Es una región de bajo relieve; las altitudes son menores a 400 msnm. Uno de los rasgos más

destacables de esta región es la escasa presencia de drenaje superficial (Estrada-Medina et al., 2019). La región se divide en tres estados (Quintana Roo, Campeche y Yucatán). Yucatán ocupa una superficie de 39524.4 km<sup>2</sup> y cuenta con una población de 2320898 habitantes en 2020, de los cuales el 14% vive en áreas rurales y el 23,70% de las personas mayores de 3 años (un total de 550053 personas) habla una lengua indígena, principalmente la lengua maya (98.9%) (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020).

En el estado de Yucatán, el paisaje milpa se concentra en el oeste, sur y sureste de la región. El estudio se desarrolló en los municipios de Tahdziú y Tzucacab, ubicados en la región Cono Sur de Yucatán (Figura 1). Tzucacab presentaba una población, a 2020, de 15346 habitantes, de los cuales el 46,75% es mayahablante; mientras que Tahdziú tenía, en 2020, una población de 5854 habitantes, de los cuales el 96,62% es mayahablante. Ambos municipios se catalogan como localidades urbanas dado el tamaño de población (mayor a 2500 habitantes). La zona presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura media anual de 25,8 °C (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020).

### 3.2 Operacionalización del marco de sistemas socioecológicos

El marco SSE para el análisis del paisaje milpa (Tabla 1) integró seis variables de primer nivel, 22 variables de segundo nivel y 38 variables de tercer nivel: cinco para el sistema de recurso, tres para la unidad de recurso, diez para la gobernanza, seis para los actores, siete para las interacciones, tres para los resultados, tres para las condiciones exógenas y tres para los ecosistemas relacionados.

### 3.3 Colecta de información para la selección de las variables utilizadas en el marco de sistemas socioecológicos

La información para la selección de las variables utilizadas en el marco SSE se realizó mediante la revisión de fuentes secundarias y la aplicación de encuestas. La información de la variable "Agrobiodiversidad" se construyó a partir del índice de diversidad de Shannon-Wiener.

El formato de encuesta consistió en 58 preguntas con siete apartados: (a) 7 reactivos relativos a aspectos socioeconómicos (edad, escolaridad, lengua maya, rol del entrevistado, ocupación principal, actividades principales de la familia, fuentes de ingreso); (b) 2 reactivos relativos a organizaciones gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil o colectivos presentes en el municipio; (c) 34 reactivos para obtener información acerca del manejo de los agroecosistemas (huerto familiar y milpa); (d) 8 reactivos acerca de actividades complementarias (ganadería y apicultura) y (e) 1 reactivo relativo a los recursos naturales presentes. Las encuestas se aplicaron siguiendo un muestreo no probabilístico por intención. Los participantes fueron invitados con base en su pertenencia a los programas gubernamentales Sembrando Vida<sup>3</sup> y Producción para el Bienestar<sup>4</sup>. Se aplicaron un total de 257 encuestas (123 en Tahdziú y 134 en Tzucacab); la muestra se definió de acuerdo con la fórmula de poblaciones finitas, con un 90% de confianza (Sierra, 1995). Para definir el tamaño de la muestra se consideró la información de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015). Las encuestas se realizaron durante los meses de octubre a diciembre de 2020.

<sup>3</sup> Programa diseñado para atender a la población rural que habita en regiones con alta biodiversidad y marcado rezago social. El programa incentiva el establecimiento de sistemas productivos agroforestales en combinación con cultivos tradicionales (México, 2021).

<sup>4</sup> Programa con el objetivo de dotar de liquidez a productores de pequeña o mediana escala preferentemente de granos, mediante apoyos directos (México, 2022).

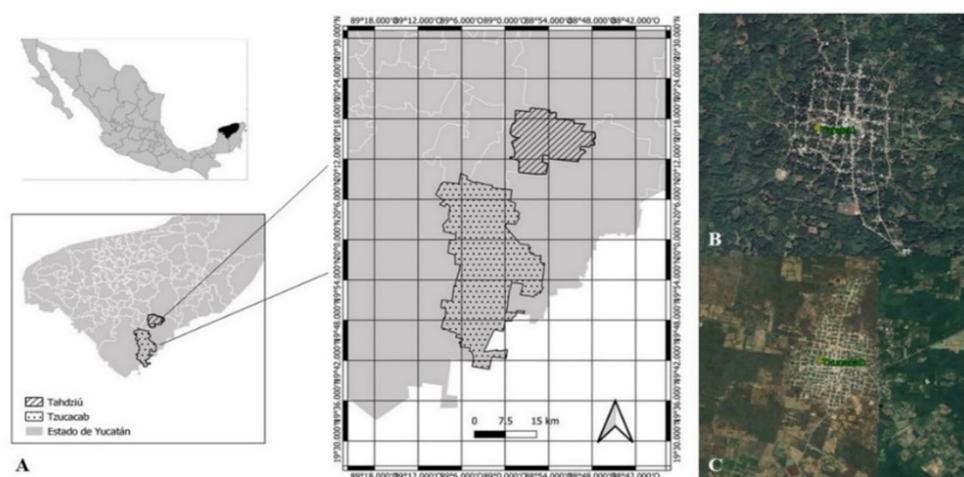
#### 4. Resultados

La caracterización general de los sistemas socioecológicos se resume en las Figuras 2 y 3. En el sistema y unidad de recursos, la extensión espacial de Tahdziú es de 23957.27 ha y la extensión espacial de Tzucacab es de 76023.96 ha. La superficie forestal en Tahdziú consiste principalmente en selva mediana subcaducifolia; mientras que en Tzucacab la cobertura forestal corresponde a selva baja y mediana subcaducifolia, con pequeñas porciones de selva con alto grado de conservación y selvas bajas (Estrategia de Cambio Climático de la Península de Yucatán, 2013). En la zona sur se reportó una pérdida en la cobertura forestal (durante el periodo 2001-2013) de 50682 ha, con una tasa neta anual de pérdida de -0.34 (Ellis et al., 2015).

Los dos municipios presentan paisajes con características kársticas; el agua drena al subsuelo a causa del alto nivel de fracturación de la roca superficial y de la porosidad (Estrada-Medina et al., 2019). Las fuentes hídricas disponibles consisten en depresiones (aguadas) que se forman sobre los suelos no permeables (Estrada-Medina et al., 2019). Las unidades de suelo predominantes en Tahdziú son cambisoles (53,3%) y luvisoles (45,7%); mientras que en Tzucacab predominan los luvisoles (38%), vertisoles (24%), phaeozems (21%) y leptosoles (16%). En Tzucacab se cuenta con aproximadamente 3.35 km de caminos saca cosechas y en Tahdziú esta extensión es de 1.5 km.

En relación con el sistema de gobernanza, los principales programas gubernamentales de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) que se desarrollan en la región son Sembrando Vida, que integra a 86 beneficiarios en Tahdziú y 70 en la cabecera municipal de Tzucacab, y Producción para el Bienestar, que en Tahdziú registra 663 beneficiarios mientras que en Tzucacab cabecera se registran 127 personas (Padrón Único de Beneficiarios, 2022).

En cuanto a las organizaciones no gubernamentales en Tahdziú, hay cinco. A nivel local se encuentra Radio Tuklil, Ko'one'ex Tuklik Múul Kuxtal A.C., radio que promociona la identidad maya; y la Cooperativa Puntos Verdes, que comercializa productos agrícolas. A nivel regional encontramos Guardianes de las Semillas del Sur de Yucatán, que impulsa ferias de intercambio de semillas para la conservación de la biodiversidad y el fortalecimiento de la milpa, y la Fundación del Empresariado Yucateco A.C., organización que promueve el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible 2030. A nivel internacional se encuentra Heifer International, que es una organización mundial que trabaja con comunidades para el alivio del hambre y la pobreza mediante prácticas agrícolas sostenibles.



**Figura 1** - A) Localización de los sitios de estudio. B) Imagen satelital del municipio de Tahdziú. C) Imagen satelital del municipio de Tzucacab. Fuente: elaboración propia con datos de Google Earth (2022).

En Tzucacab se identifican tres ONG: una organización local asociada a la Escuela de Agricultura Ecológica U Yits Ka'an, que promueve la agricultura ecológica como un modo de vida sostenible; y dos organizaciones regionales, el Comité de la Reserva Estatal Biocultural del Puuc (JIBIOPUC) y la Fundación Legorreta Hernández, que gestiona proyectos de desarrollo comunitario. Adicionalmente, el municipio forma parte de la Estrategia de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (REDD+).

En relación con el régimen de tenencia de la tierra, en Tahdziú, esta es de uso común, y forma parte de un ejido<sup>5</sup> dividido en 10 localidades (extensión: 10862 ha), mientras que Tzucacab se divide en 21 ejidos. La superficie parcelada (28930.59 ha) corresponde a más del doble de la superficie de uso común (12030.16 ha) (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 1991).

Respecto al acceso y uso del suelo, en Tahdziú los ejidatarios respetan la superficie destinada al cultivo, mantienen parches de vegetación natural y conservan cerca de 3000 ha de selva madura. En las interacciones sociales, se resalta que un pequeño porcentaje de los actores continúa participando en ceremonias agrícolas tradicionales indígenas como el *Cha'a Chaak* (el 2% en Tzucacab y el 11% en Tahdziú).

**Tabla 1.** Descripción de las variables utilizadas para el análisis del paisaje milpa de Yucatán en el marco de SSE.

Primer y segundo nivel	Tercer nivel	Descripción
<b>Sistema de Recurso</b>		
Tamaño del sistema de recurso	Extensión espacial Cobertura forestal Fuentes hídricas	Extensión espacial municipal Porcentaje de cobertura forestal municipal Fuentes hídricas naturales en el municipio
Instalaciones humanas construidas	Infraestructura vial	Caminos rurales saca cosechas en el municipio
<b>Unidad de Recurso</b>		
Características distintivas	Paisaje Suelo	Características del paisaje de Yucatán Principales unidades de suelo en el municipio
Distribución espacial y temporal de recursos	Cambio en la cobertura forestal	Superficie y tasa neta anual de pérdida de cobertura forestal en la región sur
<b>Sistema de Gobernanza</b>		
Organizaciones gubernamentales	Instancias de gobierno	Instituciones relacionadas con la actividad agrícola en el municipio
Organizaciones no gubernamentales	Organizaciones no gubernamentales	Acciones relacionadas con la actividad agrícola en el municipio
Sistema de derecho de propiedad	Tenencia de la tierra colectiva Tenencia de la tierra privada	Porcentaje de tenencia de la tierra colectiva en el municipio Porcentaje de tenencia de la tierra privada en el municipio
Reglas de elección colectiva	Reglas ejidales	Número y tipo de reglas sobre el uso de suelo ejidal
<b>Actores</b>		
Atributos socioeconómicos	Edad Escolaridad Tamaño de la familia Medios de vida Etnicidad	Edad promedio de los jefes del hogar en el municipio Porcentaje de jefes del hogar con educación primaria completa Número promedio de integrantes en los hogares Número de medios de vida reportados por los jefes del hogar Porcentaje de jefes del hogar que habla la lengua maya

**Fuente:** Elaboración propia. Adaptado de McGinnis & Ostrom (2014). El desarrollo de las variables de tercer nivel se apoyó de Rodríguez-Robayo & Merino-Pérez (2018) y Rodríguez-Robayo et al. (2020b, 2021a).  
**Nota:** las variables de primer nivel se señalan en color negro.

<sup>5</sup> El ejido es un tipo de tenencia de tierra comunal, creado a principios de 1900 a través del Artículo 27 de la Constitución Mexicana, con el fin de apoyar la agrosilvicultura de subsistencia a pequeña escala y corregir las desigualdades de tierras y recursos naturales (Lawrence et al., 2019).

**Tabla 1.** Continuación...

Primer y segundo nivel	Tercer nivel	Descripción
Normas y capital social	Interacciones sociales entre los actores	Práctica de ceremonias agrícolas e intercambio de semillas
Importancia del recurso/dependencia	Dependencia del sistema natural para sustentar los medios de vida	Percepción sobre la importancia de los agroecosistemas
Tecnologías disponibles	Tecnologías de irrigación Capacitaciones	Acceso a sistemas de riego Técnicas agroecológicas
<b>Interacciones</b>		
Extracción	Área de producción Milpa Huerto familiar Extensión de los agroecosistemas Selva	Superficie bajo uso productivo en el municipio Especies cultivadas Especies cultivadas Tamaño promedio de huertos familiares y milpas Uso y aprovechamiento de la selva
Actividades de inversión	Presencia de subsidios	Subsidios relacionados a los agroecosistemas
<b>Resultados</b>		
Medidas de desempeño social	Impacto social percibido en los medios de vida	Porcentaje de autosuficiencia en la producción de los agroecosistemas
Medidas de desempeño ecológico	Agrobiodiversidad Insumos externos Uso de agro insumos	Índice Shannon- Wiener: número de especies presentes y su abundancia relativa Porcentaje de productores que utilizan agro insumos Compuesto activo de los agroinsumos utilizados en los agroecosistemas
<b>Condiciones exógenas</b>		
Desarrollo económico	Diversificación económica del área	Porcentaje de la población dedicada a los sectores económicos primario, secundario y terciario
Tendencias demográficas	Marginación Crecimiento poblacional	Índice de marginación en el municipio Tasa de crecimiento poblacional por municipio
Temperatura	Temperatura	Variación de la temperatura
Precipitación	Precipitación	Variación de la precipitación
Sequía intraestival	Sequía intraestival	Variación del porcentaje de sequía intraestival

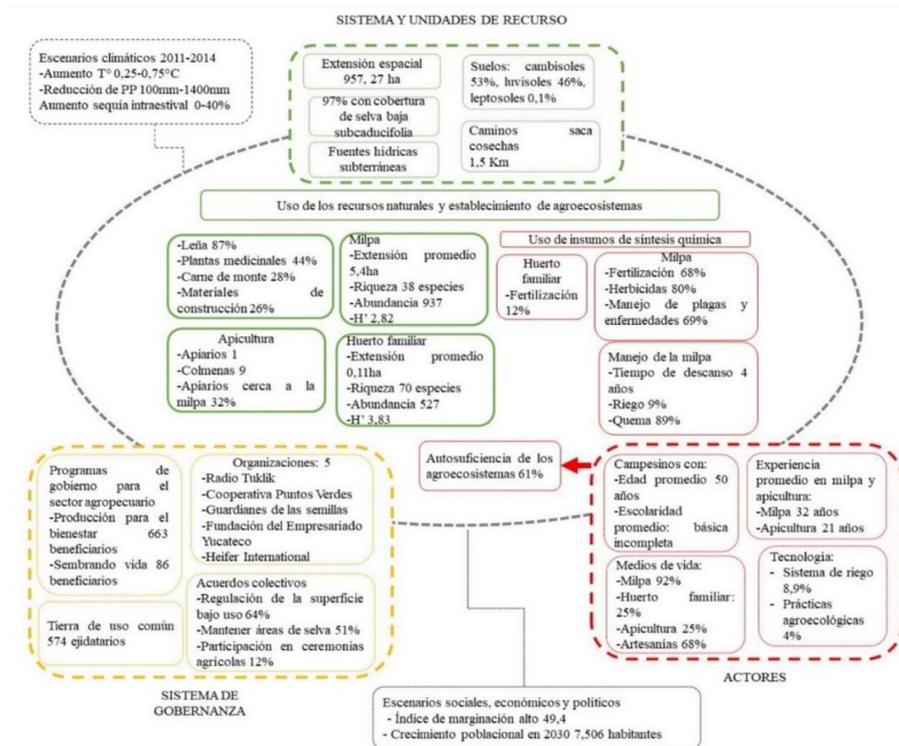
**Fuente:** Elaboración propia. Adaptado de McGinnis & Ostrom (2014). El desarrollo de las variables de tercer nivel se apoyó de Rodríguez-Robayo & Merino-Pérez (2018) y Rodríguez-Robayo et al. (2020b, 2021a).  
**Nota:** las variables de primer nivel se señalan en color negro.

La población encuestada tuvo una edad promedio de 50 años en Tahdziú y de 60 años en Tzucacab. El promedio de integrantes del hogar es de 4 en Tahdziú y de 3 en Tzucacab. En ambos municipios, la escolaridad fue incompleta o nula para todos los encuestados. Respecto al uso de la lengua maya, el 90% es mayahablante. Los medios de vida de las familias de Tahdziú se basaron en la milpa, el huerto familiar, la apicultura y la realización de artesanías como el urdido de hamacas y el bordado a mano, denominado *xoc bichuy*. En Tzucacab, los medios de vida de las familias incluyen la milpa, las parcelas agrícolas, el huerto familiar y la ganadería (apicultura y bovinos).

Una de las formas de interacción entre actores es el intercambio de semillas. En Tahdziú el 10,4% de los encuestados las obtiene a partir de regalos o intercambios, y en Tzucacab este porcentaje baja al 8,2%. Los encuestados reportan que la importancia de los agroecosistemas en Tahdziú está asociada con la producción de alimento, el aprendizaje, la protección de conocimientos y las ceremonias agrícolas. En Tzucacab la importancia de los agroecosistemas se asocia únicamente con la producción de alimentos.

Menos del 10% de los productores de Tzucacab y Tahdziú cuentan con sistema de riego o incorpora prácticas agroecológicas (uso de abonos orgánicos o biofertilizantes) en la milpa; en

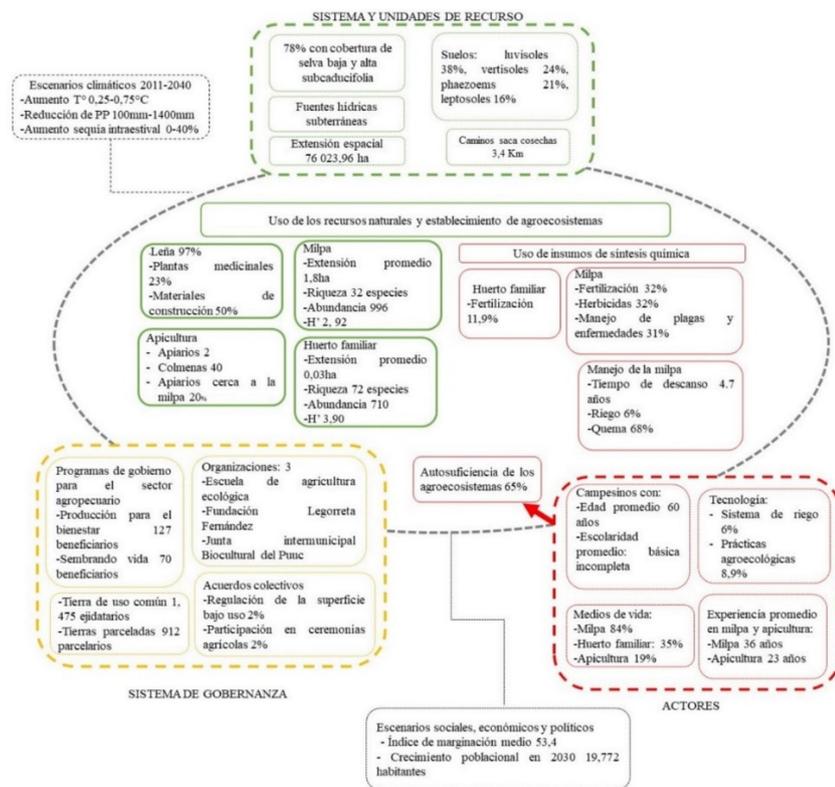
Tzucacab el 32% de los milperos declara que no realiza la quema como preparativo para la siembra, mientras que en Tahdziú el 11% señala no realiza esta actividad.



**Figura 2** - Componentes del paisaje milpa en Tahdziú (Yucatán, México). Las dimensiones que integran el sistema socioecológico se distinguen por colores. Las líneas punteadas muestran la interacción constante entre las variables. Fuente: elaboración propia.

En relación con la situación de acción, en Tzucacab el uso de suelo se destina a la agricultura y la ganadería, en Tahdziú principalmente se usa para las actividades agrícolas de temporal, es decir, a la milpa (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020). La superficie destinada a la milpa es de 1665 ha en Tzucacab y de 1081 ha en Tahdziú (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, 2016). La extensión promedio de las milpas de Tahdziú es de 5.4 ha y de 1.76 ha en Tzucacab, mientras que el tamaño de los huertos familiares es de 0.11 ha en Tahdziú y de 0.03 ha en Tzucacab.

La Figura 4 muestra los elementos principales del paisaje milpa (el huerto familiar, la milpa, la vegetación secundaria y los apiarios). En el huerto familiar las especies principales son la chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst), el chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), el Yaax Ik chile verde (*Capsicum annum* L.) y la calabaza (*Cucurbita spp*). En la estructura arbórea predominan los cítricos, como naranja agria (*Citrus aurantium* L.) y naranja dulce (*Citrus sinensis* (L.) Osbek), seguidos del cedro (*Cedrela odorata* L.), la ciruela (*Spondias purpurea* L.), el ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.), el plátano (*Musa paradisiaca* L.), el achiote (*Bixa orellana* L.), la anona (*Anona squamosa* L.) y el chicozapote (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen). El índice de diversidad para los huertos de Tahdziú fue de 3.84, con una riqueza de 70 especies; cifras similares a las de Tzucacab, con un índice de diversidad de 3.90 y riqueza de 72 especies. La abundancia fue mayor en Tzucacab (710 ejemplares) y menor para Tahdziú (527 ejemplares).



**Figura 3.** Componentes del paisaje milpa en Tzucacab (Yucatán, México). Las dimensiones que integran el sistema socioecológico se distinguen por colores. Las líneas punteadas muestran la interacción constante entre las variables. Fuente: elaboración propia.

En las milpas de los dos municipios se producen principalmente las calabazas, de tres especies, denominadas X'toop (*Cucurbita argyrosperma mixta* Huber), X'Mehen K'uum (*Cucurbita moschata*), y Ts'ol (*Cucurbita pepo* L.), además del camote ls (*Ipomea batatas* L.). El cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*), el de achiote (*Bixa orellana* L.) y la siembra de maíz híbrido (50%) es mayor en Tzucacab, mientras que en Tahdziú el cultivo de maíz híbrido es menor (32%), dado que existen otras variedades que se cultivan, como el Dzit Bacal, Eh Hu, X'mejen Naal y Knu'uk Naal. En Tahdziú también se identifica un mayor porcentaje de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), denominadas Kool Buul, X'Mejen Buul y Tsamá. El índice de diversidad de especies de cultivos en las milpas (2.82 en Tahdziú y 2.93 en Tzucacab) y la riqueza de cultivos (38 en Tahdziú y 32 en Tzucacab) es similar, únicamente difieren en la abundancia.

El principal recurso que se extrae de la vegetación secundaria es la leña. En Tahdziú el 87% de los actores (97% en Tzucacab) utilizan la leña para consumo y venta. Las especies de las cuales se extrae este recurso son principalmente el Ja'bin (*Psidium piscipula* L. Sarg), Siliil (*Diospyros cuneata* Standl), Katsim (*Mimosa bahamensis* Benth), Boob (*Coccoloba spicata* Lundell) y P'eresk'uts (*Croton reflexifolius* Kunth). Otros recursos que se aprovechan de la selva son las plantas medicinales, la carne producto de la cacería y los materiales de construcción. La selva también es utilizada para la apicultura. En promedio, los actores de Tahdziú tienen un apiario y nueve colmenas, mientras que en Tzucacab los apicultores cuentan en promedio con dos apiarios y 41 colmenas.

Los principales apoyos gubernamentales a la agricultura son del programa Sembrando Vida, con un incentivo mensual de \$5000.00 MXN (245.83 USD) para un solo sujeto de derecho,

además de proporcionar semillas, material vegetativo, plantas e insumos (México, 2021); y el programa Producción para el Bienestar, que ofrece \$1600.00 MXN anuales (73.75 USD) por hectárea de superficie destinada a la producción de maíz.

En cuanto a los resultados sociales, en Tahdziú el 71,5% de los encuestados considera que la producción en la milpa les permite ser autosuficientes, y en Tzucacab este porcentaje es del 80%. Como resultado ecológico relacionado con las prácticas agrícolas, se destaca que el uso de agroquímicos (fertilizantes, plaguicidas y herbicidas) es predominante en las milpas. Se encontraron insumos químicos altamente peligrosos para la salud humana y la salud ambiental, como son herbicidas (Glifosato, Paraquat), insecticidas (Malathion, Metamidofos, Clorpirifos, Imidacloprid, Beta-ciflutrin, Endosulfan, Benzoato de emamectina, Fipronil y Lambdacialotrina) y fungicidas (Mancozeb).



**Figura 4.** Elementos del paisaje milpa del sur de Yucatán, México. A. Huerto familiar. B. Milpa. C. Vegetación secundaria. D. Apiarios. Fuente: Imágenes propias.

Por último, en relación con las condiciones exógenas presentes, los escenarios sociales, económicos y políticos muestran que la población en Tahdziú y Tzucacab se emplea principalmente en el sector agropecuario y, en segundo lugar, en industria y otros sectores (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020). El índice de marginación de la población es alto para Tahdziú y medio para Tzucacab. En 2030, la población de Tahdziú se estima de 7506 habitantes, y en Tzucacab de 19772 habitantes (Consejo Estatal de Población, 2012). Los escenarios climáticos futuros (2011–2040) predicen un aumento entre 0.25°C y 0.75°C en la temperatura de la Península de Yucatán, con un aumento de precipitación de entre 100 y 200 mm hasta 1400 mm. En la zona sur, por el contrario, se presentará una reducción en la precipitación (400 a 600 mm) y un aumento de entre el 0% y el 40% de sequía intraestival (Orellana et al., 2009).

## 5. Discusión

El paisaje agrícola del sur de Yucatán representa una fuente importante de alimentos y de recursos naturales para las comunidades mayas. Los cambios en la configuración del paisaje se asocian a causas multifactoriales. En este trabajo, se utilizó el marco de SSE para

entender la estructura de las relaciones socioecológicas que se dan en este paisaje, y de esta manera identificar las interacciones clave en el paisaje milpa con el objetivo de que un mejor entendimiento de estas ayude a orientar futuras decisiones que lleven a un uso sostenible de los recursos naturales.

### 5.1 La gobernanza y el paisaje milpa

En Tahdziú las tierras son de uso comunal, y están organizadas como un solo ejido; mientras que en Tzucacab se presenta tanto la modalidad comunal como la parcelada, y se cuenta con 21 ejidos. Ostrom (2009) señala que, en los sistemas acoplados, los actores han invertido tiempo y energía en el diseño e implementación de sistemas de gobernanza que les facilitan la subsistencia en concordancia con el sistema natural. Como mencionan Lawrence y colaboradores (2019), el uso común da lugar a un mayor grado de complejidad socioecológica en el territorio rural; esto se refleja principalmente en Tahdziú. Con base en las reglas reconocidas por los actores, se puede sugerir que, en este municipio, el modelo de gobernanza no sigue un esquema de apropiación, sino un esquema con reglas definidas que parecen controlar la sobreexplotación (Pacheco-Vega, 2014).

El porcentaje de participación de la población en ceremonias agrícolas es bajo para ambos municipios, sin embargo, en Tahdziú se encontró un porcentaje ligeramente mayor. La ceremonia del *Cha' Chaak* (petición de lluvia), que gira en torno a la milpa maya, mantiene una amplia participación a nivel comunitario (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, 2016), que refuerza la idea de que el régimen comunal abarca una cosmovisión comunitaria que contribuye a la conservación de la herencia biocultural.

Si bien en Tzucacab está presente la tenencia de tierra de uso común, existe una mayor proporción de tierra parcelada, a pesar de que el artículo 59 de la Ley Agraria (México, 1992) establece la nulidad de pleno derecho en la asignación de parcelas en bosques o selvas tropicales. En este municipio fue posible establecer estas parcelas a través de sociedades de producción agrícola conformadas por ejidatarios y socios sin derecho ejidal (Torres-Mazuera et al., 2021). Esta parcelación ha reconfigurado el paisaje milpa del municipio, y se ha producido un cambio en los medios de vida, con el impulso de la producción de cítricos, maíz híbrido y ganadería, además de la implementación de unidades de riego y la habilitación de caminos saca-cosechas.

En los dos municipios hay organizaciones y programas de gobierno que buscan mejorar la capacidad de las familias de obtener sus medios de vida. Los esfuerzos se dirigen hacia la promoción de prácticas agrícolas sostenibles en los agroecosistemas, la conservación de semillas criollas en las milpas de Tahdziú y el fomento de proyectos productivos en Tzucacab. En Tahdziú se llevan a cabo acciones para revalorizar la identidad maya y mejorar la calidad de vida de la población, ya que el municipio presenta un alto índice de marginación, mientras que en Tzucacab se ha priorizado la conservación del recurso forestal. Sembrando Vida y Producción para el bienestar son los dos principales programas gubernamentales que brindan incentivos económicos, y representan, para muchas familias, una fuente de ingresos esencial. En este sentido, se resalta la importancia de integrar las acciones locales con los intereses que se persiguen a nivel nacional, regional y local, para que, de esta manera, los sistemas de gobernanza se fortalezcan (Ostrom, 2009) y se evite continuar con una cultura política individualista y clientelar.

Los medios de vida de las familias se basan en la milpa, el huerto familiar, la apicultura y el aprovechamiento de la selva. En los dos municipios se continúa practicando el sistema milpa, pero con algunas diferencias: en Tahdziú las actividades se complementan con las artesanías,

las cuales generan importantes ingresos monetarios (Rodríguez-Robayo et al., 2021b), mientras que en Tzucacab las actividades complementarias constituyen las parcelas de cítricos y la ganadería. Por esta misma razón, en Tzucacab las milpas y huertos familiares son de menor extensión que las de Tahdziú, pero en ambos municipios los agricultores siguen catalogándose como pequeños productores que utilizan la extensión de la tierra para la seguridad alimentaria (Ávila-Foucat & Rodríguez-Robayo, 2018).

En las milpas de los dos municipios se encontraron más de 30 especies de cultivos, una cantidad similar a la reportada por Terán & Rasmussen (2009), que encontraron 25 especies y 87 variantes en las milpas de Xocén (Yucatán). Sin embargo, se observan diferencias en las variantes de los cultivos que se siembran en las milpas de Tahdziú, en donde se registraron variedades criollas de maíz y frijol, mientras que en Tzucacab predomina el cultivo de maíz híbrido. En los huertos familiares, el índice de diversidad fue cercano a 4, lo que refleja una alta agrobiodiversidad que refuerza su valor potencial como depósitos de diversidad biológica (Rajagopal et al., 2021).

## 5.2 El futuro de los paisajes agrícolas tradicionales

Los casos exitosos de autoorganización con miras a la sostenibilidad se asocian con la dependencia y con la relación que tienen los actores sobre los recursos, especialmente si estos forman una parte sustancial de sus medios de vida (Ostrom, 2009), como ocurre en este caso. En ambos municipios, el sistema milpa persiste entre los medios de vida de los actores, sin embargo, existen factores que están reconfigurando el papel de este agroecosistema como medio de subsistencia en las familias:

- a) La pérdida de la lengua maya afecta al sistema de comunicación utilizado en los espacios de la vida cotidiana, incluidas las actividades productivas, rituales y las asambleas (Meza-Bernal, 2012). Esta pérdida, por tanto, significa una pérdida en la calidad de la transmisión e implementación del conocimiento necesario para el manejo tradicional de milpas, selvas y huertos familiares por parte de las futuras generaciones, lo cual a su vez afecta a la sostenibilidad de los agroecosistemas.
- b) El predominio de agricultores de edad avanzada significa un riesgo de que se produzca una pérdida de información con el cambio generacional. Las diferencias en cuanto al conocimiento tradicional que las nuevas generaciones presentan se asocian al incremento de la migración y la consecuente percepción de que la agricultura es una labor intensiva e insostenible financieramente (Ebel et al., 2018).
- c) La economía de mercado promueve que los medios de vida de las familias mayas transiten hacia una agricultura orientada al mercado coexistiendo la agricultura tradicional maya de milpa con el manejo del huerto familiar y de la vegetación natural y una agricultura "mestiza" con monocultivos como los cítricos y pastizales (González-Cruz et al., 2015). En la zona sur, la cobertura vegetal se ha modificado a causa de la expansión del cultivo de maíz para la agricultura de subsistencia, también a causa del crecimiento demográfico y la marginación, y a consecuencia de las actuaciones de los programas de gobierno (Ellis et al., 2015). Organizar el ciclo de cultivo de la milpa (roza-tumba-quema y barbecho) requiere de gran cantidad de tierra, y la disminución de las selvas aumenta la presión en el uso del suelo (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, 2016). Por ello, el crecimiento poblacional también es un factor de gran importancia para aspirar a un desarrollo sostenible, especialmente cuando se proyecta que la Península de Yucatán tendrá los niveles más altos de crecimiento de la población en México, de más de un 40% en 2050 (Metcalf et al., 2020).

d) En ambos municipios los agroquímicos (rezagos de la revolución verde) se utilizan para las labores de la milpa como una forma de asegurar la producción; principalmente herbicidas cuyo componente activo incluye al Glifosato y Paraquat, los cuales están catalogados como peligrosos para la salud humana y ambiental. En el aspecto ambiental, el hecho de que el agua se encuentre principalmente en forma subterránea incrementa la vulnerabilidad hídrica de la zona, ya que esto facilita que exista una alta concentración en ella de pesticidas organoclorados. Esto es consecuencia de malas prácticas de desechos contaminantes, de la deforestación y de la erosión del suelo, que facilita la filtración de agroquímicos hacia las aguas subterráneas (López-Maldonado & Berkes, 2017). El impacto que esto tiene en la biodiversidad es patente especialmente en el caso de los insectos, ya que el efecto de los ingredientes activos de los agroquímicos puede actuar directa o indirectamente sobre las poblaciones de insectos polinizadores (Sponsler et al., 2019). La información anterior debe ser difundida en las comunidades mayas de Yucatán, donde existe una baja percepción sobre el peligro que estos procesos de contaminación tienen sobre el ecosistema y la salud (Polanco et al., 2019).

e) Los patrones climáticos son un factor que condiciona la productividad de los agroecosistemas. En los dos municipios de estudio, el cultivo y la producción de maíz de temporal constituye una importante fuente de alimento, sin embargo, en la zona sur de Yucatán, además de proyectarse una reducción en la precipitación, se espera que los factores socioeconómicos como la pobreza y marginación aumenten las condiciones de vulnerabilidad de las familias productoras de maíz (Haro et al., 2021).

El análisis detallado de las relaciones socioecológicas en Tahdziú y Tzucacab permite identificar que existen potenciales interacciones que podrían funcionar como una “trampa socioecológica” y que ponen en riesgo la sostenibilidad del sistema (Hänke et al., 2017), como la pérdida de cobertura forestal, la reducción de los periodos de descanso del suelo, el bajo relevo generacional, la falta de infraestructura (acceso a riego y carreteras) o la alta variabilidad de las condiciones ambientales. Todo esto puede causar impactos negativos en el paisaje milpa y, por lo tanto, en los medios de vida de los actores. En este contexto, algunos esfuerzos para modificar estas relaciones causales serían:

i) La revalorización del sistema milpa, es decir, reconocer el valor monetario y no monetario asociado al sistema. Esto fomentaría el aprendizaje, la unión familiar y el fortalecimiento de valores sociales, culturales y ecológicos (Rodríguez-Robayo et al., 2021b), reivindicando así el valor del trabajo en la milpa, y reconociendo la importancia de los agroecosistemas y de las redes de intercambio de semillas en los dos municipios.

ii) La integración en forma participativa de los principios agroecológicos de los sistemas tradicionales (como la diversificación de cultivos y la diversidad genética local; Altieri et al., 2015) con innovaciones y avances tecnológicos que, a través de elementos como la ciencia ciudadana y el monitoreo agroclimático participativo, permitan diseñar estrategias para reducir la vulnerabilidad climática.

iii) El desarrollo de SSE resilientes requiere de la gobernanza adaptativa (Hartel et al., 2016), enfoque que surge para comprender y mejorar la respuesta gubernamental frente a los complejos desafíos de la sostenibilidad. Sus elementos clave incluyen el aprendizaje y la colaboración entre sectores y escalas hacia una visión compartida (Schultz et al., 2019) que considere la importancia de la apropiación social de conocimiento a través de procesos extensión, que funcionen como un proceso de intercambio de saberes, implementando una adecuada capacitación y práctica que se construyan desde una lógica ecosocial.

Las acciones antes mencionadas pueden integrarse si se adopta un enfoque basado en la agroecología, que reconozca la necesidad de combinar diferentes tipos de conocimiento a través de la investigación-acción participativa. Como práctica social, se debe promover la idea de que las organizaciones sociales pueden lograr la sostenibilidad y soberanía alimentaria mediante los procesos agroecológicos.

## 6. Conclusiones

En el sur de Yucatán, particularmente en las comunidades de Tahdziú y Tzucacab, el sistema milpa continúa siendo el eje principal a partir del cual se organiza el uso y manejo de los recursos existentes. Sin embargo, el marco SSE permitió apreciar diferencias en las relaciones socioecológicas entre ambos municipios, principalmente en las variables de gobernanza y en la tenencia de la tierra, los medios de vida y en la forma en que los actores están haciendo uso de sus recursos naturales. Asimismo, se identifican factores socioculturales que afectan a la sostenibilidad del sistema, como la pérdida de la lengua maya, el crecimiento poblacional y la alta edad promedio de los agricultores.

La economía de mercado y los rezagos de la revolución verde son otros factores que inciden en la sostenibilidad del sistema. Con el tiempo, las familias han comenzado a diversificar sus medios de vida hacia actividades “mestizas”, orientadas al monocultivo de cítricos, a la ganadería y a la siembra de variedades de maíz híbridas, en busca de mejorar la economía familiar. Esto ha conducido al uso de agroinsumos de síntesis química que afectan a la salud de los hogares, al ambiente y a un aumento de la percepción de insostenibilidad de las actividades del agropecuarias tradicionales.

El paisaje agrícola al sur de Yucatán es dinámico. Los cambios en los atributos del paisaje, como la disminución de la cobertura forestal, el bajo capital social, el envejecimiento del campo, o el predominio de agroquímicos deben orientar los procesos de toma de decisiones. La conciencia y entendimiento de cuáles son los procesos que ocurren en los SSE pueden mejorar la viabilidad y efectividad de las intervenciones locales, lo cual permitirá fortalecer aspectos de gobernanza y sostenibilidad.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el establecimiento del proyecto “Gestión de agroecosistemas sustentables en el sur de Yucatán” (Proyecto M0037-2019-05-305870; SISTPROY-FMVZ-2020-0002), así como por el otorgamiento de la beca (815408) a la primera autora. Gracias a la Fundación W.K. Kellogg, responsable del proyecto “Agencias de desarrollo humano local (ADHL – Alianzas): una perspectiva para la seguridad alimentaria y soberanía en el sur de Yucatán” (SISTPROY CIRB-2020-0015). En especial, un profundo agradecimiento a los pobladores de Tahdziú y Tzucacab (Yucatán) por todo su apoyo para la realización de este trabajo.

## Referencias

Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional – USAID. (2016). *Proyecto México para la Reducción de Emisiones por deforestación y degradación (M-REDD+)*, The Nature Conservancy, Rainsforest Alliance, Woods Hole Research Center, Espacios Naturales y

- Desarrollo Sustentable AC*. Recuperado el 16 de enero de 2021, de [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00MW9J.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MW9J.pdf).
- Agnoletti, M. (2014). Rural landscape, nature conservation and culture: Some notes on research trends and management approaches from a (southern) European perspective. *Landscape and Urban Planning*, 126, 66-73. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.02.012>
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 869-890. <https://dx.doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>.
- Arias-Arévalo, P., & Pacheco-Valdés, N. (2023). Implementación de pagos por servicios ambientales en la Cuenca del río Cali, Colombia: una mirada desde los sistemas socioecológicos. *Revista de Economía e Sociología Rural*, 61(2), <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9479.2021.256251>
- Ávila-Foucat, V. S., & Rodríguez-Robayo, K. J. (2018). Determinants of livelihood diversification: the case wildlife tourism in four coastal communities in Oaxaca, Mexico. *Tourism Management*, 69, 223-231. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tourman.2018.06.021>
- Berrio-Giraldo, L., Villegas-Palacio, C., & Arango-Aramburo, S. (2021). Understating complex interactions in socio-ecological systems using system dynamics: a case in the tropical Andes. *Journal of Environmental Management*, 291, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112675>
- Blandi, M. L., Gargoloff, N. A., Iermanó, M. J., Paleologos, M. F., & Sarandón, S. J. (2021). The mental map as an instrument to define indicators in complex systems: an application on the environmental knowledge of local horticultural farmers. *Revista de Economía e Sociología Rural*, 60(1), 1-17. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9479.2021.233521>
- Castañeda-Ccori, J., Bilhaut, A.-G., Mazé, A., & Fernández-Manjarrés, J. (2020). Unveiling cacao agroforestry sustainability through the socio-ecological systems diagnostic framework: the case of four Amazonian rural communities in Ecuador. *Sustainability*, 12(15), 5934. <http://dx.doi.org/10.3390/su12155934>
- Consejo Estatal de Población – COESPO. (2012). Recuperado el 15 de junio de 2022, de [http://coespo.yucatan.gob.mx/si.php?s=proyecciones\\_de\\_poblacion](http://coespo.yucatan.gob.mx/si.php?s=proyecciones_de_poblacion).
- Dorresteyn, I., Loos, J., Hanspach, J., & Fischer, J. (2015). Socioecological drivers facilitating biodiversity conservation in traditional farming landscapes. *Ecosystem Health and Sustainability*, 1(9), 1-9. <http://dx.doi.org/10.1890/EHS15-0021.1>
- Drexler, K. (2021). Climate-smart adaptations and government extension partnerships for sustainable milpa farming systems in Mayan communities of southern Belize. *Sustainability*, 13(6), <http://dx.doi.org/10.3390/su13063040>
- Ebel, R., Méndez Aguilar, M. J., & Putnam, H. (2018). Milpa: one sister got climate-sick. The impact of climate change on traditional Maya farming systems. *International Journal of Sociology of Agriculture and Food*, 24(2), 175-199. <http://dx.doi.org/10.48416/ijaf.v24i2.103>
- Ellis, E. A., Romero, J., & Hernández, I. (2015). *Evaluación y mapeo de los determinantes de la deforestación en la Península Yucatán*. Recuperado el 17 de febrero de 2022, de <http://www.monitoreoforestal.gob.mx/repositorioidigital/files/original/5b9a8610cae3663df664b78a0ff2490a.pdf>.
- Estrada-Medina, H., Jiménez-Osornio, J. J., Álvarez, O., & Barrientos, R. C. (2019). El karst de Yucatán: su origen, morfología y biología. *Acta Universitaria*, 29, 1-18. <http://dx.doi.org/10.15174/au.2019.2292>

- Estrategia de Cambio Climático de la Península de Yucatán. (2013). *Formaciones forestales*. Recuperado el 23 de marzo de 2023, de [http://www.ccpy.gob.mx/pdf/agenda-yucatan/inventario-forestal-2013/05\\_Capitulo3-2\\_ResultadosFormacionesForestales\\_SelvasAltasyMedianas\\_P70-93.pdf](http://www.ccpy.gob.mx/pdf/agenda-yucatan/inventario-forestal-2013/05_Capitulo3-2_ResultadosFormacionesForestales_SelvasAltasyMedianas_P70-93.pdf).
- Ford, A., & Topsey, C. E. (2019). Learning from the ancient Maya: conservation of the culture and nature of the Maya forest. In J. H. Jameson & S. Musteață (Eds.), *Transforming heritage practice in the 21st century* (One World Archaeology, pp. 113–213). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14327-5\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14327-5_9).
- García-Frapolli, E., Toledo, M. V., & Martínez-Alier, J. (2008). Apropiación de la naturaleza por una comunidad maya yucateca: un análisis económico-ecológico. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 7, 27-42. Recuperado el 13 de marzo de 2022, de <https://raco.cat/index.php/Revibec/article/view/87197>.
- González-Cruz, G., García-Frapolli, E., Casas, A., & Dupuy, J. M. (2015). Responding to disturbances: lessons from a Mayan social-ecological system. *The International Journal of the Commons*, 9(2), 831-850. <http://dx.doi.org/10.18352/ijc.571>
- Google Earth. (2022). Recuperado el 27 de septiembre de 2022, de [https://earth.google.com/web/@20.07453958,-89.05501794,36.9661675a,7988.60796683d,35y,0h,0t,0r?utm\\_source=earth7&utm\\_campaign=vine&hl=es-419](https://earth.google.com/web/@20.07453958,-89.05501794,36.9661675a,7988.60796683d,35y,0h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419).
- Guisepelli, E., Fleury, P., Vincent, A., Aalders, I., Prazan, J. & Vanni, F. (2018). *Adapted SES framework for AEFS and guidelines for assessing sustainability of agricultural systems*. Recuperado el 19 d abril de 2021, de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02087745/>
- Hänke, H., Barkmann, J., Coral, C., Enforskaustky, E., & Marggraf, R. (2017). Social-ecological traps hinder rural development in Southwestern Madagascar. *Ecology and Society*, 22(1), 42. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-09130-220142>
- Haro, A., Mendoza-Ponce, A., Calderón-Bustamante, Ó., Velasco, J. A., & Estrada, F. (2021). Evaluating risk and possible adaptations to climate change under a socio-ecological system approach. *Frontiers in Climate*, 3, <http://dx.doi.org/10.3389/fclim.2021.674693>
- Hartel, T., Olga réti, K., Craioveanu, C., Gallé, R., Popa, R., Ioniță, A., Demeter, L., Rákossy, L., & Czúcz, B. (2016). Rural social-ecological systems navigating institutional transitions: case study from transylvania (romania). *Ecosystem Health and Sustainability*, 2(2), e01206. <http://dx.doi.org/10.1002/ehs2.1206>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía – INEGI. (1991). *Yucatán: datos por ejidos y comunidad agraria*. Recuperado el 15 de junio de 2022, de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/1329/702825116897/702825116897\\_1.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/1329/702825116897/702825116897_1.pdf).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía – INEGI. (2015). *Encuesta Intercensal. Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015: Yucatán*. México: INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía – INEGI. (2020). *Número de habitantes: Yucatán*. Recuperado el 15 de junio de 2022, de <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/yuc/poblacion/default.aspx>.
- Jiménez-Osornio, J. J., Caballero, A., Quezada, D., & Bello, E. (2003). Estrategias tradicionales de apropiación de los recursos naturales. In P. Colunga-García Marín & A. Larque Saavedra (Eds.), *Naturaleza y sociedad en el área maya: pasado, presente y futuro* (pp. 189-200). México: Academia Mexicana de Ciencias y Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán.

- Jiménez-Osornio, J., Zarco, M., Lendechy, A., & Becerril, J. (2015). Los solares: una oportunidad para contribuir a la seguridad alimentaria, mitigación y cambio climático en Yucatán. In R. Canto & M. Zarco (Eds.), *Extensión y responsabilidad social. Los proyectos sociales en comunidades de aprendizaje implementados en la Universidad Autónoma de Yucatán* (pp. 237-266). México: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Lawrence, T. J., Stedman, R. C., Morreale, S. J., & Taylor, S. R. (2019). Rethinking landscape conservation: linking globalized agriculture to changes to indigenous community-managed landscapes. *Tropical Conservation Science*, 12. <http://dx.doi.org/10.1177/1940082919889503>
- López-Maldonado, Y., & Berkes, F. (2017). Restoring the environment, revitalizing the culture: cenote conservation in yucatan, Mexico. *Ecology and Society*, 22(4), <http://dx.doi.org/10.5751/ES-09648-220407>
- Mariaca, R. (2015). La milpa maya Yucateca en el siglo XVI: evidencias etnohistóricas y conjeturas. *Etnobiología*, 13(1), 1-25. Recuperado el 28 de mayo de 2022, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5294498>.
- Marques-Severo, C., & Matte, A. (2020). Comunalización de la gestión del sistema socioecológico del bioma Pampa: análisis de un colectivo de ganaderos tradicionales de Uruguay. *Polis (Santiago)*, 19(57), 100-123.
- McGinnis, M. D. (2011). An introduction to IAD and the language of the ostrom workshop: a simple guide to a complex framework. *Policy Studies Journal: the Journal of the Policy Studies Organization*, 39(1), 169-183. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1541-0072.2010.00401>
- McGinnis, M. D., & Ostrom, E. (2014). Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society*, 19(2), <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06387-190230>
- Méndez, L. M., Rodríguez, R. K., & Juárez, T. L. (2022). La experiencia participativa en la elaboración de la estrategia 2020 – 2030 para el Paisaje Forestal Milpero en la península de Yucatán. In T. L. Juárez, V. J. León & R. N. Corona (Eds.), *Perspectivas del desarrollo territorial inclusivo en el Sur-sureste: desafíos y propuestas transdisciplinarias*. Recuperado el 30 de septiembre de 2022, de [https://www.academia.edu/81509187/Perspectivas\\_del\\_desarrollo\\_territorial\\_inclusivo\\_en\\_el\\_Sur\\_sureste\\_desaf%C3%ADos\\_y\\_propuestas\\_transdisciplinarias?auto=citations&from=cover\\_page](https://www.academia.edu/81509187/Perspectivas_del_desarrollo_territorial_inclusivo_en_el_Sur_sureste_desaf%C3%ADos_y_propuestas_transdisciplinarias?auto=citations&from=cover_page)
- Merino, P. L. (2014). Perspectivas sobre la gobernanza de los bienes y la ciudadanía en la obra de Elinor Ostrom. *Revista Mexicana de Sociología*, 76(5), 77-104. Recuperado el 30 de abril de 2022, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rms/v76nspe/v76nspea4.pdf>.
- Metcalfe, S. E., Schmook, B., Boyd, D. S., De la Barrera-Bautista, B., Endfield, G. E., Mardero, S., & Perea, A. (2020). Community perception, adaptation and resilience to extreme weather in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Regional Environmental Change*, 20(1), <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-020-01586-w>
- México. Cámara de Diputados. (1992). Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de febrero de 1992. Recuperado el 02 de octubre de 2022, de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAgra.pdf>.
- México. (2021). Acuerdo por el que se emiten las Reglas de Operación del Programa Sembrando Vida, para el ejercicio fiscal 2022. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado el 15 de junio de 2022, de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5639899&fecha=31/12/2021#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5639899&fecha=31/12/2021#gsc.tab=0)
- México. (2022). Acuerdo por el que se emiten las Reglas de Operación del Programa Producción para el Bienestar de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural para el ejercicio fiscal

2022. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado el 15 de junio de 2022, de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5646225&fecha=18/03/2022#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5646225&fecha=18/03/2022#gsc.tab=0)
- Meza-Bernal, I. (2012). Lengua y cosmovisión. Elementos de resistencia y comunalidad en tres comunidades mayas: macehuales de Quintana Roo. *Cultura y Representaciones Sociales*, 7(13), 96-153. Recuperado el 24 de mayo de 2022, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-81102012000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-81102012000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Orellana, R., Espadas, C., Conde, C., & Gay, C. (2009). *Atlas escenarios de cambio climático en la Península de Yucatán*. Recuperado el 24 de mayo de 2022, de <http://www.ccpy.gob.mx/pdf/Regional/escenarios-cambio-climatico/introduccion.pdf>.
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325, 419-422. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1172133>
- Pacheco-Vega, R. (2014). Ostrom y la gobernanza del agua en México. *Revista Mexicana de sociología*, 76(5), 137-166. Recuperado el 14 de abril de 2022, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-25032014000600006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-25032014000600006&lng=es&tlng=es).
- Padrón Único de Beneficiarios – PUB. (2022). Recuperado el 15 de junio de 2022, de <https://pub.bienestar.gob.mx/v2/pub/programasIntegrales/16/2260>
- Petrosillo, I., Aretano, R., & Zurlini, G. (2015). Socioecological systems. In B. Fath (Ed.), *Encyclopedia of ecology* (pp. 419–425). Amsterdam: Elsevier.
- Polanco, A., Magaña, T., Cetz, J., & Quintal, R. (2019). Uso de agroquímicos cancerígenos en la región agrícola de Yucatán, México Use of carcinogenic agrochemicals in the agricultural region of Yucatan, Mexico. *Centro Agrícola*, 46(2), 72-83. Recuperado el 30 de septiembre de 2022, de [https://www.researchgate.net/profile/Angel-Polanco-Rodriguez/publication/333881319\\_Uso\\_de\\_agroquimicos\\_cancerigenos\\_en\\_la\\_region\\_agricola\\_de\\_Yucatan\\_Mexico/links/5d162a1d458515c11cff8f35/Uso-de-agroquimicos-cancerigenos-en-la-region-agricola-de-Yucatan-Mexico.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Angel-Polanco-Rodriguez/publication/333881319_Uso_de_agroquimicos_cancerigenos_en_la_region_agricola_de_Yucatan_Mexico/links/5d162a1d458515c11cff8f35/Uso-de-agroquimicos-cancerigenos-en-la-region-agricola-de-Yucatan-Mexico.pdf).
- Rajagopal, I., Cuevas Sánchez, J. A., del Moral, J. B., Montejó, D. A., Hernández, T. G., & Lozano, J. L. R. (2021). The scope and constraints of homegardens for sustainable development: a review. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(2), 1-24.
- Rodríguez-Robayo, K. J., & Merino-Pérez, L. (2018). Preserve and produce: experience in implementing payments for environmental services in two indigenous communities in the Northern and Southern ranges of Oaxaca, Mexico. *Journal of Sustainable Forestry*, 37(5), 504-524. <http://dx.doi.org/10.1080/10549811.2018.1432363>
- Rodríguez-Robayo, K. J., Herrera Heredia, C. A., & Martínez Camelo, F. E. (2021a). Entre conservar y producir. La relación sociedad-naturaleza y los conflictos socioecológicos en el lago de Tota, Boyacá, Colombia. *Región y Sociedad*, 33, e1419. <http://dx.doi.org/10.22198/rys2021/33/1419>
- Rodríguez-Robayo, K. J., Méndez-López, M. E., Molina-Villegas, A., & Juárez, L. (2020a). What do we talk about when we talk about milpa? A conceptual approach to the significance, topics of research and impact of the mayan milpa system. *Journal of Rural Studies*, 77, 47-54. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.04.029>
- Rodríguez-Robayo, K. J., Perevochtchikova, M., Ávila-Foucat, S., & De la Mora De la Mora, G. (2020b). Influence of local context variables on the outcomes of payments for ecosystem services. Evidence from San Antonio del Barrio, Oaxaca, Mexico. *Environment, Development and Sustainability*, 22(4), 2839-2860. <http://dx.doi.org/10.1007/s10668-019-00321-8>

- Rodríguez-Robayo, K., Méndez-López, M., & Fierros-Gonzalez, I. (2021b). Visible and hidden economic values of the Maya milpa system in Yucatan, Mexico. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 20(5), 774-789.
- Sayer, J., Sunderland, T., Ghazoul, J., Pfund, J. L., Sheil, D., Meijaard, E., & Buck, L. E. (2013). Ten principles for a landscape approach to reconciling agriculture, conservation, and other competing land uses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(21), 8349-8356. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1210595110>.
- Schultz, L., West, S., & Floríncio, C. (2019). Gobernanza adaptativa en construcción: personas, prácticas y políticas en una reserva de biosfera de la UNESCO. *Revista de Geografía Norte Grande*, 2019(74), 117-138. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022019000300117>
- Seghezzeo, L., Huaranca, L. L., Vega, M. L., Jeckeln, G. V., Avalos, M. A., Iribarnegaray, M. A., & Müller, D. (2020). Sustainable farmers, deficient State? Self-reported agricultural sustainability in the Argentine Chaco region. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 18(6), 473-491. <http://dx.doi.org/10.1080/14735903.2020.1793645>
- Sierra, B. R. (1995). *Técnicas de investigación social. Teoría y ejercicios*. Madrid: Thomson
- Sponsler, D. B., Grozinger, C. M., Hitaj, C., Rundlöf, M., Botías, C., Code, A., Douglas, M. R. (2019). Pesticides and pollinators: a socioecological synthesis. *Science of the Total Environment*, 66, 1012-1027. <https://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.016>.
- Terán, S., & Rasmussen, C. (2009). *La Milpa de los Mayas*. Mérida: Centro Peninsular en Humanidades y Ciencias Sociales, Universidad de Oriente.
- Torres-Mazuera, G., Deniau, Y., Velázquez-Quesada, S. I., & Flores Rangel, J. A. (2021). Extraer lo (in)productivo de las tierras comunales en el siglo XXI: acaparamiento de tierras y expansión capitalista en la Península de Yucatán. *Revista Trace*, 80, 138. <https://dx.doi.org/10.22134/trace.80.2021.794>
- Tubenchlak, F., Badari, C. G., Freitas Strauch, G. D., & Moraes, L. F. D. D. (2021). Changing the agriculture paradigm in the Brazilian Atlantic Forest: the importance of agroforestry. In M. C. M. Marques & C. E. V. Grelle (Eds.), *The atlantic forest* (pp. 369-388). Cham: Springer. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7\\_17](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7_17).

**Recibido:** Junio 18, 2022

**Aprobado:** Enero 24, 2023

**JEL Classification:** Q10, R50