

Estudios Sociales

Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional

Volumen 35, Número 66. Julio - Diciembre 2025

Revista Electrónica. ISSN: 2395-9169

Artículo

La sustentabilidad de los sistemas agroforestales en el municipio de Calpan, Puebla

Sustainability of agroforestry systems in the municipality of Calpan, Puebla

DOI: <https://doi.org/10.24836/es.v35i66.1639e251639>

Ana Karen Reyes-Reyes*

<https://orcid.org/0000-0001-5207-4851>

akmerr@hotmail.com

Primo Sánchez-Morales*

<https://orcid.org/0000-0002-5222-6349>

primo.sanchez@correo.buap.mx

Fecha de recepción: 09 de abril de 2025.

Fecha de aceptación: 17 de junio de 2025.

*Centro de Agroecología.

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.

Autor para correspondencia: Primo Sánchez-Morales

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.
Hermosillo, Sonora, México.



La sustentabilidad de los sistemas agroforestales en el municipio de Calpan, Puebla

Reyes-Reyes, Sánchez-Morales

Resumen

Objetivo: analizar la sustentabilidad del componente árboles frutales en los Sistemas Agroforestales (SAF), así como sus limitantes y potencialidades, para entender la relación entre las dinámicas sociales y naturales. **Metodología:** la información se recopiló mediante transectos en campo y la aplicación de una encuesta a 81 productores. Se emplearon tres dimensiones (ambiental, económica y sociocultural) integradas por 21 indicadores en una escala donde cero es el valor más bajo y 4 el máximo valor de sustentabilidad. Se calculó el Índice General de Sustentabilidad (IsGen). **Resultados:** en Calpan se encuentran SAF constituidos por diferentes componentes, donde el maíz es el cultivo principal, combinado con árboles frutales como tejocote, capulín, durazno y pera, por lo que se evaluaron 81 sistemas al azar con estas características. Se obtuvo un valor promedio de 2.59 para la dimensión ambiental, 2.94 para la dimensión económica y 2.14 para la dimensión sociocultural, lo que significó que económicamente se encuentran fortalecidos y vulnerables en la dimensión sociocultural. El IsGen presentó un valor de 2.56. **Limitaciones:** la complejidad de analizar datos sociales. **Conclusiones:** los sistemas agroforestales de esta zona se encuentran en una escala de sustentabilidad alta.

Palabras clave: desarrollo regional, agroecosistemas, frutales, indicadores, campesinos, sustentabilidad.

Abstract

Objective: To analyze the sustainability of the fruit tree component in Agroforestry Systems (AFS), as well as their limitations and potential, to understand the relationship between social and natural dynamics. **Methodology:** Information was collected through field transects and a survey of 81 producers. Three dimensions (environmental, economic, and sociocultural) were used, comprising 21 indicators on a scale where zero is the lowest and 4 the highest sustainability value. The General Sustainability Index (GSI) was calculated. **Results:** In Calpan, AFS are made up of different components, where corn is the main crop, combined with fruit trees such as hawthorn, capulin, peach, and pear, so 81 systems with these characteristics were evaluated at random. An average value of 2.59 was obtained for the environmental dimension, 2.94 for the economic dimension, and 2.14 for the sociocultural dimension, which meant that they are economically strengthened and vulnerable in the sociocultural dimension. The GSI was 2.56. **Limitations:** the complexity of analyzing social data. **Conclusions:** The agroforestry systems in this area are highly sustainable.

Keywords: regional development, agroecosystems, fruit trees, indicators, farmers, sustainability

Introducción

El concepto de sustentabilidad plantea que exista un crecimiento económico sin dejar de lado la conservación del medio ambiente, con la intención de satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Lo señalado se encuentra basado en tres pilares fundamentales: el económico, el social y el medio ambiente. Los tres interactúan entre ellos originando relaciones que determinan, en este caso, el grado de sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola como lo son los sistemas agroforestales (Brundtland, 1987; Gutiérrez-García, Espinosa-Ayala y Márquez-Molina, 2022). En el contexto de la agricultura, la sustentabilidad hace referencia al grado que tiene el agroecosistema de garantizar la continuidad de la producción a través de prácticas que garanticen un correcto manejo de los recursos naturales (Guevara y Vásquez, 2023).

Existen diversas formas de producción agrícola, desde la que se caracteriza por ser tradicional hasta la agroindustrial, en donde muchas veces el enfoque se basa únicamente en la producción de alimentos sin considerar si se está realizando dentro de parámetros que busquen un equilibrio enfocado en tres dimensiones centrales: la económica, la ambiental o ecológica y la sociocultural (Briceño, 2020). La producción agrícola ha establecido monocultivos que responden a intereses comerciales, causando pérdida de biodiversidad, degradación de suelos, contaminación del agua y disminución de las prácticas ancestrales, por lo que es necesario diseñar estrategias que permitan mitigar los efectos adversos del desarrollo tecnológico acelerado y de las diversas actividades humanas no sustentables sobre los ecosistemas, y que sean conducentes a generar escenarios para el desarrollo sustentable (Van Noordwijk et al., 2018).

Ante ello, los sistemas agroforestales (SAF) constituyen espacios con mayor diversificación de especies vegetales y prácticas ancestrales que manejan los recursos naturales de una manera más eficiente; representan una alternativa de manejo ante los sistemas agrícolas

convencionales (Añazco, 2017). Los SAF son sistemas encaminados a la sustentabilidad ya que pueden representar ejes del desarrollo comunitario e incluso regional, pues se guarda el conocimiento de que albergan la capacidad de mantener cadenas productivas, generar empleos, conservar la biodiversidad, así como proveer algunos servicios ecosistémicos a la sociedad (Valdés et al., 2022).

En el mundo existen alrededor de 400 millones de hectáreas manejadas bajo sistemas agroforestales (SAF), los cuales se definen como aquellos que incluyen un conjunto de técnicas de manejo de tierra para combinar cultivos, ganado, o ambos, y el bosque. Es posible establecer de forma simultánea o escalonada en el tiempo y en el espacio con un amplio espectro de asociaciones vegetales y un gran potencial para la producción de madera, leña, frutas, medicinas, forraje, aceites y plantas ornamentales (Piedrahíta, Vásquez, Torres y Vásquez, 2019). En este tipo de sistemas se hace un uso más eficiente de los recursos naturales. Las diversas capas de vegetación de los SAF proporcionan una eficiente utilización de la radiación solar, las raíces de sus componentes a distintas profundidades, hacen buen uso del suelo y las plantas agrícolas de corta duración pueden aprovechar de la capa superficial enriquecida como resultado del ciclaje mineral mediante las copas de los árboles (Añazco, 2017).

Por la eficiencia ecológica, la producción total por unidad de superficie tiende a incrementarse. El producto del monocultivo enfrenta restricciones por el ataque de plagas, enfermedades y competencia por nutrientes; sin embargo, los sistemas agroforestales alcanzan a elevar la producción, incluso, en zonas con cosechas bajas. Varios de los componentes o productos del sistema podrían ser utilizados como entradas para la producción de otros y así la cantidad de recursos que ingresan pueden disminuir las inversiones. Algunos productos del árbol se obtienen en la estación fuera de temporada, por ejemplo, la estación seca, cuando no están presentes los factores adecuados para la producción de cultivos básicos (García, 2018). Por lo expuesto, es necesario desarrollar trabajos de investigación que permitan conocer a profundidad el comportamiento de sistemas que se encuentran encaminados a mantener y superar los actuales estándares de producción y sostenerlos en el tiempo, de manera que, además, generen servicios ambientales que contribuyan a mitigar el cambio climático.

La incipiente información sobre el estado de sustentabilidad de los sistemas agrícolas, muestra la importancia de este trabajo de investigación. Se plantea la hipótesis de que los SAF

del municipio de Calpan tienden a ser sustentables. El objetivo es hacer un análisis de la sustentabilidad de los SAF mencionados. Los objetivos específicos están orientados a identificar los puntos críticos y fortalezas, que afectan la sustentabilidad del sistema de producción.

Marco teórico

A continuación, se hace referencia a diferentes conceptos que conforman la perspectiva teórica de este trabajo, ya que, para la evaluación de los SAF, es necesario conocer los principios y alcances del desarrollo sustentable, así como de agricultura sustentable, y de los diferentes elementos que inciden para alcanzar este objetivo. En este sentido, el enfoque agroecológico proporciona una perspectiva más amplia sobre los procesos y elementos y de las relaciones que se dan entre estos, en los sistemas de estudio.

Agroecología

La agroecología precisa sus bases en diferentes áreas, puede hallarse inscripta dentro de un nuevo paradigma de las ciencias agropecuarias implementando prácticas que busquen el uso eficiente de los recursos naturales y que robustezcan las propiedades de los agroecosistemas: resiliencia socio-ecológica, productividad y equidad, todas ellas, contribuyendo a la sustentabilidad (Giraldo y Rosset, 2018).

De acuerdo con la FAO (2018) la agroecología contempla diez elementos que son: diversidad, co-creación de conocimiento, sinergias, eficiencia, reciclaje, resiliencia, valores humanos y sociales, cultura y tradiciones alimentarias, gobernanza responsable y economía circular y solidaria (Barrios et al., 2020). Por lo que un análisis desde este enfoque permite contemplar el funcionamiento de un sistema agrícola con la intención de encontrar las estrategias que permitan mejorar la calidad de vida, así como la equidad entre los agricultores, debido a que el hombre, en su ambición por producir, ha hecho un uso de los recursos naturales, sin la adecuada reflexión, sobre la repercusión hacia su salud, calidad de vida y la conservación de las especies (Díaz, 2019). Este tipo de análisis considera el desarrollo de sistemas de producción integrados, humanos, ambiental y económicamente sustentables (Cevallos, Urdaneta y Jaimes, 2019).

Desarrollo sustentable

Actualmente existe un deterioro severo de los recursos naturales, el calentamiento global, la pérdida de la capa de ozono debido al acumulamiento de bióxido de carbono y otros gases tóxicos en la atmósfera, así como al aumento de la población humana y la demanda insatisfecha de alimentos (Gutiérrez et al., 2008) cada vez más crítica. A partir de la década de los cincuenta diversas organizaciones civiles se conformaron por primera vez para intentar concientizar a los entes de gobierno, empresas, y el público en general, sobre el daño que la humanidad provoca al ambiente con las prácticas de sobreexplotación heredadas de la época industrial y la necesidad de adoptar un modelo que permitiera un correcto desarrollo. Fue hasta 1987, durante la Comisión Mundial de Medio Ambiente, que se conceptualizó por primera vez el término de desarrollo sustentable y que fue definido como “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Badii, Guillen, Fernández y Abreu, 2017, p. 89). De acuerdo con Cantú (2012) el desarrollo sustentable es un concepto que ha logrado hacer eco en la sociedad, visto como el camino para atender la preocupación y problemática social sobre las repercusiones del desarrollo económico en los recursos naturales y de la desigualdad social.

De igual forma, Martínez (2004) señala que se puede ver al desarrollo sustentable no como un estado estable e inalterable, sino como un conjunto de procesos de cambios continuos, a través de los cuales la sociedad establece cómo manejar los recursos naturales, la adaptación a las innovaciones, la orientación de las inversiones económicas y la modificación de las políticas públicas, todo lo anterior debe basarse en la idea de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y garantizar el progreso del hombre y la supervivencia de este.

Agricultura sustentable

El actual proceso de comercialización de los alimentos ha contribuido a que elementos como la durabilidad y la apariencia externa se vuelvan más complicados de mantener. Estas condiciones implican mayores distancias de recorrido para los alimentos, una disminución de la diversidad

de la alimentación y de la variedad de productos. Los alimentos generados bajo estas condiciones muestran, como consecuencia, una mayor degradación del medio ambiente, así como repercusiones para la salud humana y el bienestar social, a la vez menores ganancias para los productores, lo que impulsa la migración de muchos agricultores hacia las ciudades (Carolan, 2013; Roberts, 2013). Actualmente, la demanda de alimentos requiere que se busque el desarrollo de nuevas prácticas de producción que permitan incrementar los rendimientos de granos, carne, leche, fruta y otros, para asegurar un nivel cercano a la autosuficiencia alimentaria sin deterioro de los recursos naturales. Como afirman Astier, Maass y Etchevers (2002), la agricultura de los últimos años setenta, sobre todo la industrial, se convirtió en una actividad que no hace un uso racional y renovable de los recursos naturales. En la actualidad, se observa que la capacidad de las plantas para transformar energía luminosa en energía química y biomasa, se encuentra restringida por el uso de recursos que no pueden considerarse como renovables (combustibles fósiles, recursos minerales, fertilizantes, etc.), esto permite ver que su capacidad de regeneración es muy cercana a cero, o incluso nula. Uno de los problemas más graves que se oponen al propósito de la autosuficiencia y la seguridad alimentaria es la pérdida de la fertilidad del suelo, junto a su erosión, degradación, desertificación, acidificación, así como el inadecuado uso y contaminación de los demás recursos naturales, lo cual aleja a las poblaciones de alcanzar un desarrollo sustentable (Castro y Agualimpia 2024). Ante esta problemática, la producción de alimentos debe orientarse hacia un conjunto de prácticas que no comprometan de la misma manera el uso y conservación de los recursos naturales, buscando esta sea lo más sustentable posible (Tello et al., 2024).

En materia de la agricultura, Sullivan (2003) indica que la agricultura es considerada como sustentable cuando en el agroecosistema se lleven a cabo interacciones complejas entre suelo, agua, plantas, animales, clima y seres humanos; el manejo tiene el objetivo de integrar todos estos factores en un sistema de producción que es apropiado para el ambiente, la sociedad y las condiciones económicas donde se localiza. De acuerdo con Altieri (2002) la agricultura denominada como sustentable es una respuesta a la crisis en el manejo y calidad de los recursos naturales con relación a las prácticas de la agricultura moderna. En este sentido, las dimensiones sociales, culturales, políticas y económicas son características fundamentales para entender la complejidad de la producción agrícola.

La agricultura sustentable aparece como respuesta a las preocupaciones sobre el impacto al medio ambiente que surgen de la práctica de agronegocios; impactos como la degradación ambiental (erosión del suelo, falta de agua, contaminación por agroquímicos), los problemas sociales (cierre de establecimientos familiares, concentración de la tierra, los recursos y la producción, y la migración) y el uso desmedido de los recursos naturales. Estas nuevas formas de desarrollo en el sector agrícola han dado pie a la necesidad de buscar innovaciones y nueva tecnología que permitan frenar estos efectos ambientales sin disminuir los ingresos económicos de las familias rurales (Bustillo y Martínez, 2008). De acuerdo con Salgado (2015) el concepto de agricultura sustentable depende de una gran variedad de factores como son la experiencia que se tenga en actividades de la agricultura, el conocimiento sobre las tecnologías y formas de organización social que lleguen a tener, la escala de estudio y la localidad, entre otros. Las palabras que intentan explicar el concepto de agricultura sustentable tienen relación con las tres dimensiones que contempla el concepto de sustentabilidad, es decir, con las dimensiones social, económica y ambiental (Brundtland, 1987). En este sentido, Dafermos y Vivero-Pol (2015) consideran que el modelo de la agricultura sustentable debe basarse en los siguientes principios:

- a) Aplicación de los principios ecológicos y agroecológicos.
- b) Intensificación del conocimiento.
- c) Gestión con base en la comunidad.

Gliessman et al. (2007) refieren que la discusión sobre la agricultura sustentable debe abordarse desde un enfoque que contemple lo que sucede dentro y más allá de los límites de la unidad de producción. En este sentido retoma la idea de autores como Altieri (2002), al considerar la actividad agrícola como un sistema mucho más complejo, con varios elementos interactuando entre sí, contemplando componentes ambientales, económicos y sociales. Estas complejas interacciones y el balance entre todos estos componentes pueden ser analizadas desde el enfoque agroecológico que brinda las herramientas necesarias para determinar cuál es el estado actual y verdadero de la sustentabilidad en un agroecosistema.

La agricultura sustentable resulta del descubrimiento y revalorización de las prácticas campesinas tradicionales y la combinación con nuevas prácticas ecológicas.

Metodología

Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Calpan, ubicado entre los 19° 06' 20" LN y 98° 27' 49" LO. Tiene una altitud de 2, 200 m s. n. m. y un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Está conformado por doce comunidades, destacan la cabecera municipal (Calpan), Atzala y Ozolco, que cuentan con el 90 % de los habitantes (15, 271 habitantes) (figura 1). Para el año 2020, la Población Económicamente Activa en el municipio estuvo constituida por 61 % hombres y 39 % mujeres. El 55 % se ocupó en el sector primario, 16 % en el secundario y 29 % en el terciario (INEGI, 2020). El sector primario está representado principalmente por la agricultura y la ganadería, siendo el cultivo de maíz de temporal (*Zea mays*) el más importante, ocupando una superficie sembrada del 67 % del total sembrado y aporta el 37.15 % del total del valor de la producción. Con respecto a los frutales, los de mayor importancia por la superficie cultivada son el tejocote (*Crataegus mexicana*), pera (*Pyrus communis*) y durazno (*Prunus persica*) (SIAP, 2022).

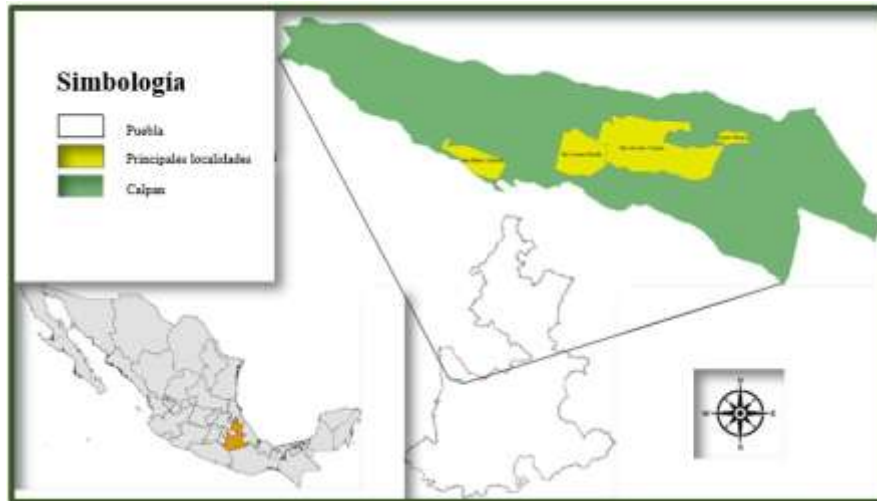


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Calpan, Puebla. Principales localidades: San Andrés Calpan, San Lucas Atzala, San Matero Ozolco y Pueblo Nuevo. Fuente: elaboración propia.

En el municipio de Calpan se pueden encontrar sistemas agroforestales constituidos por diferentes componentes, donde el maíz es el cultivo principal, el cual se encuentra en combinación con árboles frutales de tejocote (*Crataegus mexicana*), capulín (*Prunus serotina*), durazno (*Prunus persica*) y pera (*Pyrus communis*) principalmente (figura 2).



Figura 2. Sistema agroforestal de maíz intercalado con árboles frutales en el municipio de Calpan, Puebla. Fuente: elaboración propia.

Recopilación de la información

La información se recopiló utilizando la técnica de transecto para obtener la información directamente de las personas del lugar. La técnica consiste en recorridos de campo en grupos en los que participan profesionales y vecinos de la localidad en cuestión, que suelen ser informantes claves, permiten identificar lugares con riqueza informativa, que quedan sistematizados en

informes, mapas o planos (López et al., 2018). Los recorridos permitieron obtener información de los siguientes indicadores: conservación de suelos, impacto positivo al ambiente y participación familiar. Se aplicó una encuesta como técnica para la obtención de información primaria para la medición del resto de indicadores, teniendo como instrumento el cuestionario, el cual se aplicó a 81 productores durante el año 2022. El diseño de la investigación es de corte transversal debido a que se realizó una medición de los indicadores evaluados en un solo momento.

El tamaño de la muestra se definió a través de un muestreo cualitativo-cuantitativo con varianza máxima ($p_n=0.5$ y $q_n=0.5$) (Gómez, 1979). El tamaño de la muestra estuvo basado en el padrón de Proagro de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 p_n q_n}{N d^2 + Z_{\alpha/2}^2 p_n q_n}$$

Donde N = Número de productores (575); $Z_{\alpha/2} = 1.96$ (valor de la tabla de la distribución normal); $\alpha=0.05$ (confiabilidad del 95%); d= precisión (0.1). Resultado n = 81 familias

La evaluación de la sustentabilidad se realizó haciendo una adaptación de la metodología propuesta por Sarandón y Flores (2014), construyendo indicadores en las dimensiones ecológica o ambiental (IA), económica (IK) y sociocultural (ISC) considerando la zona de estudio (Tabla 1). Se propusieron indicadores fáciles de obtener, de interpretar y que brinden la información necesaria sobre el sistema.

La sustentabilidad de los sistemas agroforestales
en el municipio de Calpan, Puebla

Reyes-Reyes, Sánchez-Morales

Tabla 1.

Indicadores de las dimensiones ambiental (ecológica), económica y sociocultural para la evaluación de la Sustentabilidad del SAF maíz con árboles frutales del municipio de Calpan, Puebla

Dimensión Ambiental (IA)		
Indicador	Subindicador	Estandarización
A. Conservación del suelo	A 1. Diversificación de cultivos	4 = 4 o más cultivos; 3 = 3 cultivos; 2 = 2 cultivos; 1 = 1 cultivo
	A 2. Rotación	4 = Si realizan rotación; 0 = No realizan rotación
	A 3. Tipo de tracción	4 = Animal; 3 = Animal y mecánica; 1 = Mayormente mecánica; 0 = Solo mecánica
	A 4. Manejo del rastrojo	4 = Lo reincorpora al sistema; 3 = Para consumo de animales; 0 = Lo quema
B. Eficiencia productiva	B 1. Rendimiento de maíz	4 = 4 o más t ha ⁻¹ ; 3 = 2 – 3.99 t ha ⁻¹ 2 = 1 – 1.99 t ha ⁻¹ ; 1 = menos de 1 t ha ⁻¹
	B 2. Eficiencia Relativa de la Tierra	4 = Mayor a 1.31; 3 = 1.21 – 1.3; 2 = 1.1 – 1.2; 1 = 0.8 – 1.0; 0 = menor a 0.8
C. Impacto positivo al ambiente	C 1. Diversidad vegetal	4 = 1 o más especies sin finalidad agrícola; 0 = Sin presencia de otras especies
	C 2. Diversificación de especies frutales	4 = 5 o más especies frutales; 3 = 3 - 4 especies frutales; 2 = 2 especies frutales; 1 = 1 especie frutal
Dimensión Económica (IK)		
A. Rentabilidad del sistema	A 1. Presencia de plagas y enfermedades	4 = Sin presencia de plagas ni enfermedades; 3 = Presencia de plagas y enfermedades con un mínimo de impacto negativo; 1 = Presencia de plagas y enfermedades con impactos negativos; 0 = Sin presencia por uso de agroquímicos
	A 2. Ingresos provenientes de la parte forestal	4 = Mayor a 70%; 3 = 51 a 70%; 2 = 41 – 50%; 1 = 31 – 40%; 0 = Menor a 30%
	A 3. Autoconsumo del cultivo anual	4 = Mayor a 70%; 3 = 50 – 69%; 2 = 30 – 49%; 1 = 10 – 29%; 0 = Menor a 10%
B. Riesgo económico	B 1. Diversificación de productos para la venta	4 = 7 – 9 productos; 3 = 5 – 6 productos; 2 = 3 – 4 productos; 1 = 2 productos
	B 2. Canales de comercialización	4 = 3 canales; 3 = 2 canales 2 = 1 canal; 1 = No hay un lugar seguro
	B 3. Créditos	4 = No tiene créditos; 0 = Tiene créditos
Dimensión Sociocultural (ISC)		
A. Adaptabilidad	A 1. Apropiación tecnológica	4 = Más de 2; 3 = 2; 2 = 1; 1 = 0; 0 = No están dispuestos a realizar cambios
	A 2. Asesoría técnica	4 = Recibe asesoría; 0 = No recibe asesoría
B. Respuesta a necesidades	B 1. Autosuficiencia genética	4 = Semillas provenientes de la propia parcela; 0 = Semillas compradas
	B 2. Independencia a insumos externos	4 = 1 – 2 insumos externos; 3 = 3 – 4 insumos externos; 2 = 5 – 6 insumos externos; 1 = 7 insumos externos; 0 = Mas de 7 insumos
	B 3. Pluriactividad	4 = Solo la actividad agrícola; 2 = 1 actividad extra; 0 = Más de 1 actividad extra
C. Participación familiar	C 1. Mano de obra familiar	4 = Familiar; 3 = Mayormente familiar; 2 = Familiar y contratada por igual; 1 = Mayormente contratada; 0 = Contratada
	C 2. Relevo Intergeneracional	4 = 75 – 100% de hijos continúan con la actividad agrícola; 2 = 50% de hijos continúan con la actividad agrícola; 0 = Ningún hijo continúa

Fuente: elaboración propia con base en los lineamientos teóricos conceptuales de la investigación.

Para cada subindicador se utilizó una escala donde cero es el valor más bajo con base al grado de sustentabilidad que presenta, y el máximo es 4. Se estimó la sustentabilidad general de los SAF de árboles frutales con maíz pertenecientes a los productores obtenidos del muestreo, promediando los valores obtenidos para las tres dimensiones de análisis. Para el cálculo de los índices se emplearon ponderaciones con base a promedios para cada indicador, donde:

$$IA = [((A1+A2+A3+A4)/4) + ((B1+B2)/2) + ((C1+C2)/2)] / 3$$

Con los indicadores se calculó el Índice General de Sustentabilidad (IsGen), que valora las dimensiones por igual, para lo cual se empleó la siguiente fórmula:

$$IsGen = (IA+IK+ISC)/3$$

De acuerdo con Sarandón, Zuluaga, Cieza, Janjetic y Negrete (2004), se considera que un SAF es sustentable cuando el IsGen es superior a 2 o que ninguno de los tres indicadores tenga un valor menor a 2.

Resultados

Caracterización de los productores

De acuerdo con los datos de la encuesta aplicada, los productores que manejan los SAF (n = 81) presentan una edad entre 32 y 84 años, con un promedio de 58 años; con respecto a su alfabetización, 73 % sabe leer y escribir, siendo 32 % los que concluyeron la educación primaria y el 31% los que concluyeron la educación secundaria, el porcentaje restante presentan una educación de nivel básico incompleto, o incluso nunca asistieron a la escuela. A continuación, se presentan los resultados del análisis por dimensión evaluada.

Evaluación de la dimensión Ambiental (IA)

Los sistemas de árboles frutales intercalados con maíz en el municipio de Calpan presentan un valor promedio de 2.59 para el indicador ambiental, con una moda de 2.38 y una desviación estándar de 0.33, es la práctica de rotación la que obtuvo el menor valor ya que no se realiza con frecuencia en los sistemas de producción (tabla 2).

Tabla 2.

Indicadores de la dimensión ambiental del sistema agroforestal maíz con árboles frutales del municipio de Calpan, Puebla

Indicador	Subindicador	Valor	Promedio
A. Conservación del suelo	A1. Diversificación de cultivos	2.60	2.25
	A 2. Rotación	0.50	
	A 3. Tipo de tracción	2.60	
	A 4. Manejo del rastrojo	3.30	
B. Eficiencia productiva	B 1. Rendimiento de maíz	2.50	2.50
	B 2. Eficiencia Relativa de la Tierra	2.50	
C. Impacto al ambiente	C 1. Diversidad vegetal	3.21	3.01
	C 2. Diversificación de especies frutales	2.81	
IA			2.59

Fuente: elaboración propia a partir de datos de encuesta, 2022.

El resto de los subindicadores obtuvieron un valor igual o superior a 2.50, por lo que se traduce que aportan a que el sistema tienda a la sustentabilidad (figura 3).

La sustentabilidad de los sistemas agroforestales en el municipio de Calpan, Puebla

Reyes-Reyes, Sánchez-Morales

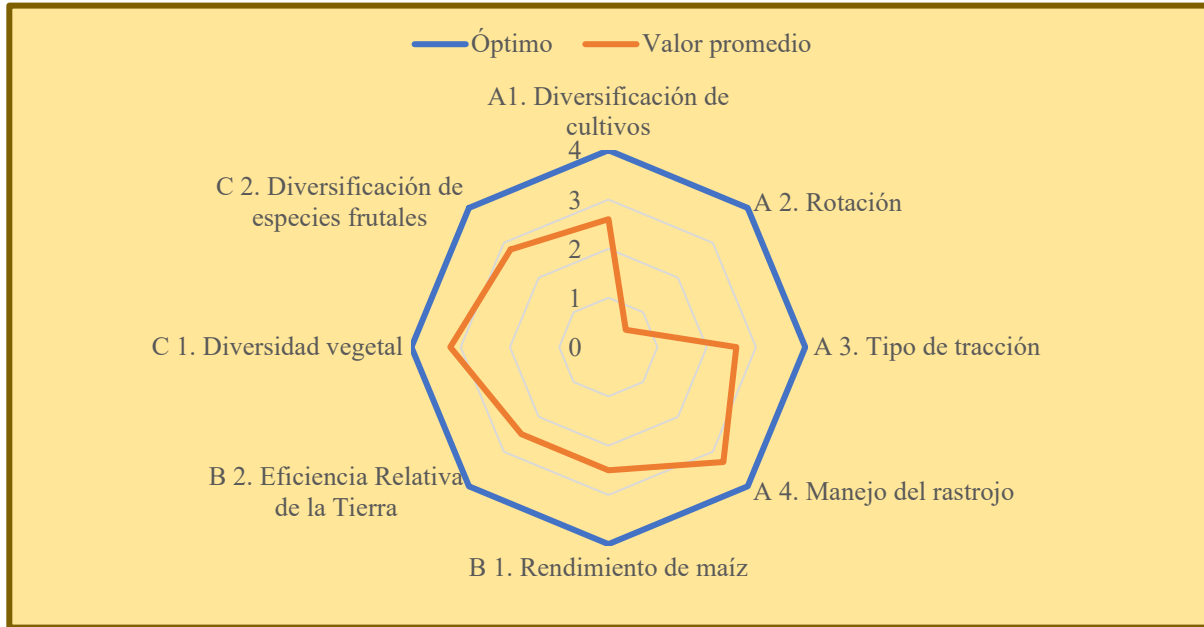


Figura 3. Puntos críticos de la dimensión ambiental del sistema agroforestal maíz con árboles frutales del municipio de Calpan, Puebla. Fuente: elaboración propia

Evaluación de la dimensión Económica (IK)

En el área económica, los SAF evaluados obtuvieron un valor promedio de 2.94 lo que significó que económicamente se encuentran fortalecidos, y que en esta dimensión se aporta hacia la sustentabilidad (figura 4). Se presentó una moda de 3.17 para esta dimensión y una desviación estándar de 0.34. Es importante subrayar que cinco de los seis subindicadores obtuvieron valores altamente positivos con resultados superiores a 2.5, situación que influyó considerablemente para que se mostrara una tendencia hacia la sustentabilidad a pesar de que el subindicador presencia de plagas y enfermedades presentó un valor menor a dos, afectando la rentabilidad del sistema (tabla 3).

La sustentabilidad de los sistemas agroforestales
en el municipio de Calpan, Puebla

Reyes-Reyes, Sánchez-Morales

Tabla 3.
Indicadores de la dimensión económica del sistema agroforestal maíz con árboles frutales del municipio de Calpan, Puebla

Indicador	Subindicador	Valor	Promedio
A. Rentabilidad del sistema	A 1. Presencia de plagas y enfermedades	1.41	2.68
	A 2. Ingresos provenientes de la parte forestal	2.95	
	A 3. Autoconsumo	3.68	
B. Riesgo económico	B 1. Diversificación de productos para la venta	2.58	3.20
	B 2. Canales de comercialización	3.01	
	B 3. Créditos	4.00	
IK			2.94

Fuente: elaboración propia a partir de datos de encuesta, 2022.

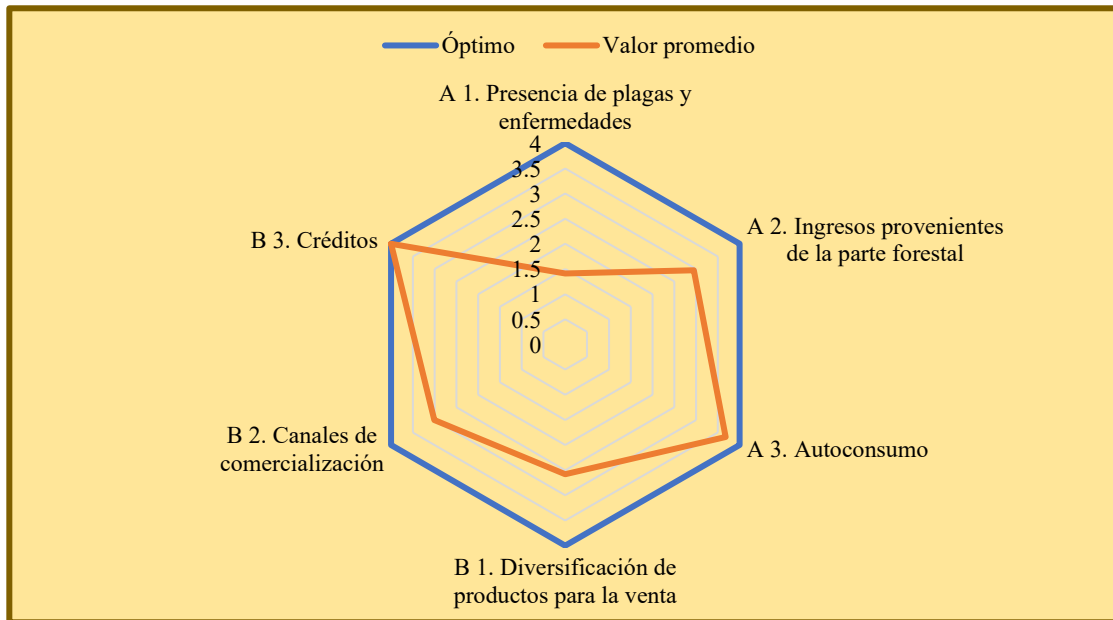


Figura 4. Puntos críticos de la dimensión económica del sistema agroforestal maíz con árboles frutales del municipio de Calpan, Puebla. Fuente: elaboración propia.

Evaluación Sociocultural (ISC)

En la dimensión sociocultural los SAF evaluados obtuvieron un valor promedio de 2.14, con una moda de 2.43 y una desviación de 0.28, presentando los valores más bajos en cuanto a los subindicadores que lo integran (tabla 4). Existen varios factores que inciden en este indicador pudiendo destacar, la baja asesoría técnica, el relevo intergeneracional y la independencia a insumos externos, repercutiendo en el resultado de esta dimensión, siendo la más vulnerable con respecto a su grado de sustentabilidad (figura 5).

Tabla 4.
Indicadores de la dimensión sociocultural del sistema agroforestal maíz con árboles frutales del municipio de Calpan, Puebla.

Indicador	Subindicador	Valor	Promedio
A. Adaptabilidad	A 1. Apropiación tecnológica	1.90	1.08
	A 2. Asesoría técnica	0.25	
B. Respuesta a necesidades	B 1. Autosuficiencia genética	4.00	2.93
	B 2. Independencia a insumos externos	1.60	
	B 3. Pluriaactividad	3.20	
C. Participación familiar	C 1. Mano de obra familiar	3.37	2.43
	C 2. Relevo Intergeneracional	1.49	
ISC			2.14

Fuente: elaboración propia a partir de datos de encuesta, 2022.

La sustentabilidad de los sistemas agroforestales
en el municipio de Calpan, Puebla

Reyes-Reyes, Sánchez-Morales

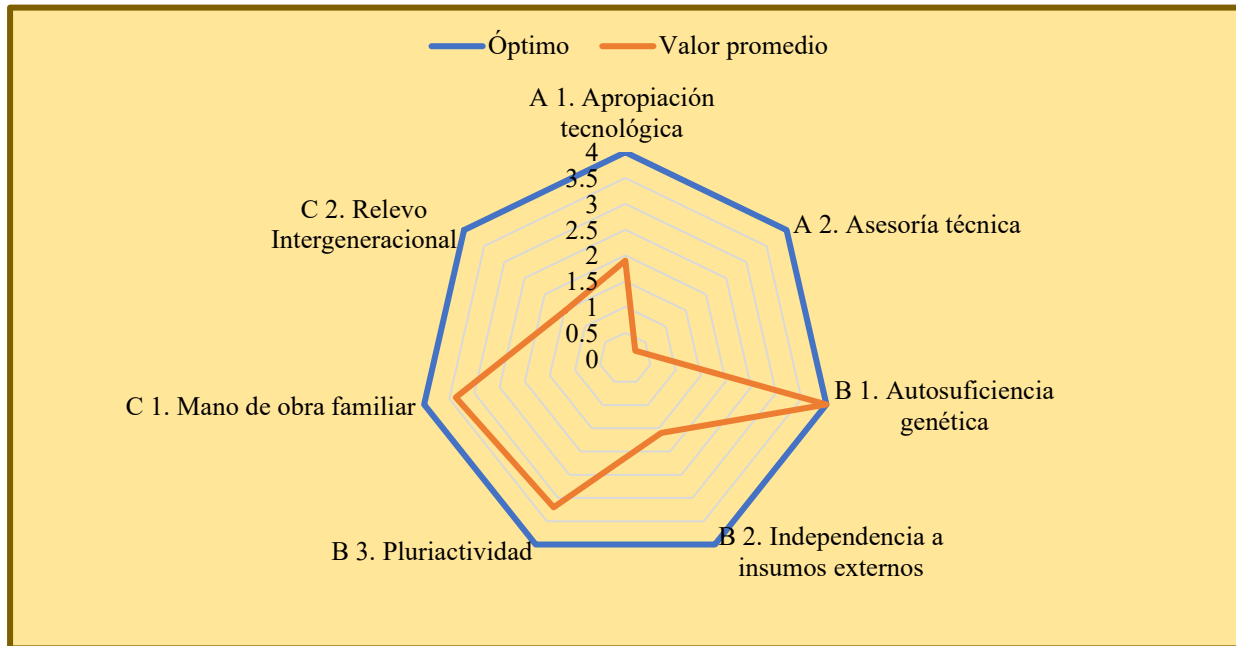


Figura 5. Puntos críticos de la dimensión sociocultural del sistema agroforestal maíz con árboles frutales del municipio de Calpan, Puebla. Fuente: elaboración propia

Una vez realizada la valoración IA, IK y ISC se obtuvo el IsGen que presentó un valor de 2.56 (tabla 5 y figura 6), con una moda de 2.65, es decir, que la mayoría de los SAF evaluados obtuvieron ese valor, y una desviación estándar de 0.19. El SAF con el IsGen más bajo fue de 2.08 y el más alto fue de 2.97.

Tabla 5.
Índice General de Sustentabilidad del sistema agroforestal maíz con árboles frutales del municipio de Calpan, Puebla

Dimensión	IA	IK	ISC	IsGen
Condición*	2.59	2.94	2.14	2.56
>2	92.5%	97.5%	72.5%	62.5%
<2	7.5%	2.5%	27.5%	37.5%

*Porcentaje de SAF evaluados con la condición señalada. Fuente: elaboración propia a partir de datos de encuesta, 2022.

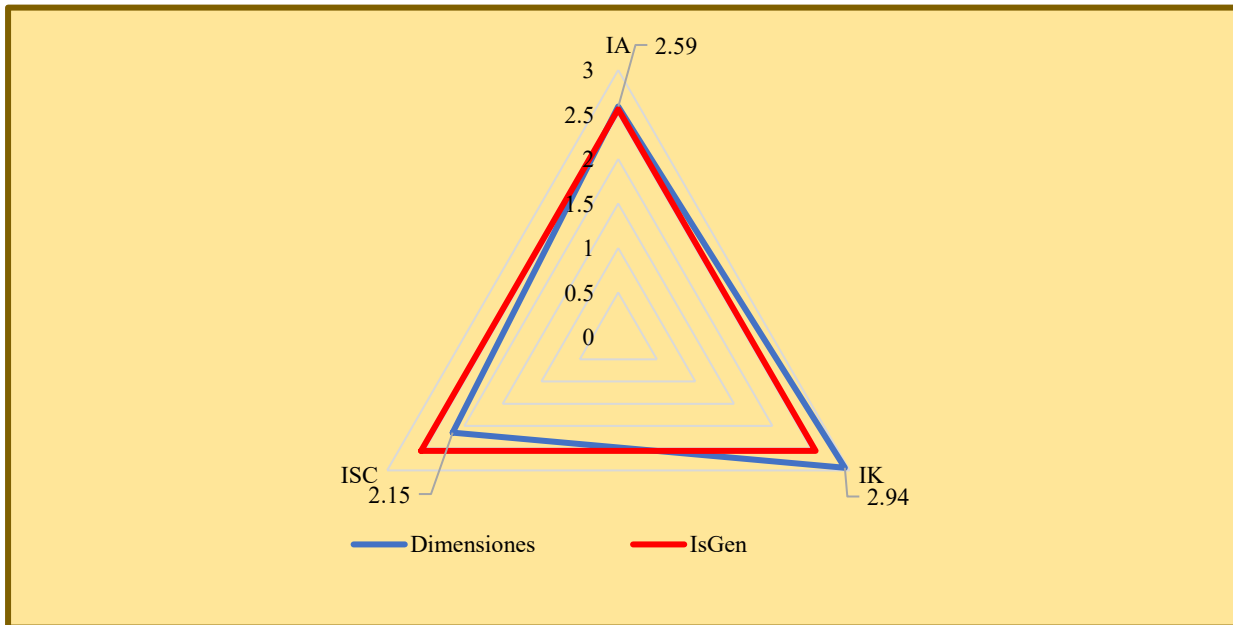


Figura 6. Representación de la Sustentabilidad General del sistema agroforestal maíz con árboles frutales del municipio de Calpan, Puebla. Fuente: elaboración propia.

Discusión

El tipo de SAF que se encuentra en el municipio de Calpan se caracteriza por ser maíz intercalado con árboles frutales, en donde se lleva a cabo una agricultura con prácticas que tienden a lo tradicional, esto coincide con López et al. (2023), ya que refieren que en este municipio se practica una agricultura campesina desarrollada con conocimientos tradicionales y recursos locales desde tiempos ancestrales, donde el cultivo de la milpa [maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y calabaza (*Cucurbita spp.*)] ha resaltado desde tiempos previos a la conquista y la colonia.

Los productores del municipio son adultos mayores, factor que permite ver que la renovación generacional se está dando de manera muy lenta o incluso que se está perdiendo, situación que se ve reflejada para el Valle de Puebla en general (Osorio, López, Ramírez, Gil y Gutiérrez, 2015). Con respecto al poco grado de escolarización que se presenta, este fenómeno puede explicarse con lo que ha encontrado Gajardo (2014), quien menciona que la distancia cultural entre las familias campesinas y el sistema educativo inciden fuertemente en el fracaso escolar.

El paisaje agrícola actual de Calpan se ha diversificado en función de las necesidades y objetivos que presenta cada unidad de producción familiar: es la seguridad alimentaria una prioridad, por lo que se pueden encontrar sistemas compuestos por una gran diversidad de elementos, donde el maíz sigue siendo el componente principal, en combinación con diversas especies frutales. Ello coincide con lo que señala Pantoja (2022), quien precisa que en este municipio la agricultura familiar aporta significativamente a la seguridad alimentaria de las familias campesinas como consecuencia de la gran diversidad de cultivos y especies frutales que presentan, por lo que los SAF cumplen con estas características.

En cuanto a los subindicadores de IA, los productores reportan que, al tener intercalados árboles frutales, el espacio destinado a cultivos básicos es utilizado para el maíz que generalmente está asociado a frijol. Serri et al. (2018) mencionan que la rotación y la diversificación de cultivos son prácticas comúnmente utilizadas en concepto de agricultura sostenible. Sin embargo, a pesar de que estos sistemas son manejados con una lógica orientada a una agricultura con tendencias a lo tradicional y elementos de sostenibilidad (Reyes et al., 2020) la rotación no se realiza en ellos. La falta de esta práctica repercute en el hábitat del suelo modificando la profundidad del enraizamiento, la cantidad y la calidad de los residuos, la agregación/hábitat microbiano, y puede afectar la diversidad y actividad microbiana del suelo (Serri et al., 2018).

Opuesto al subindicador mencionado anteriormente, se encuentran los subindicadores de manejo de rastrojo y diversidad vegetal, obteniendo los valores más altos. Con respecto al manejo de los residuos agrícolas, los productores refieren que proceden a incorporarlo al suelo, y en algunos casos lo utilizan como forraje para sus animales. En el caso particular del maíz, que es el cultivo principal en los SAF de estudio, produce grandes volúmenes de rastrojos, del total de la planta solo el 50 % del peso cosechado corresponde a grano, el otro 50 % está integrado por hojas, cañas y mazorcas (Reyes, Camacho y Guevara, 2013). Este tipo de prácticas resultan de la reflexión sobre las consecuencias de quemarlo, lo que coincide con lo señalado por Ruíz, Wolf y Claret (2015), ya que mencionan que a pesar de que existen otras formas de aprovechar de manera más eficiente estos residuos, no llevan a cabo la práctica de quemarlo ya que ésta contribuye al aumento de producción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), exportando carbono del suelo a la atmósfera en la forma de anhídrido carbónico, CO₂.

La diversidad vegetal que presentan estos sistemas es una de sus potencialidades. Gómez-Betancur, Márquez-Girón y Restrepo-Betancur (2018) señalan que aquellos sistemas con bases agroecológicas, como es el caso de los SAF, la biodiversidad constituye un recurso natural esencial que puede ser manejado por el productor, favoreciendo su conservación, así como la de los procesos ecosistémicos que contribuyen a la eficiencia del sistema de producción. Además, para el productor esta diversidad de productos vegetales representa la oportunidad de percibir ingresos en diferentes épocas del año. En este sentido, Salazar y Magaña (2016) refieren que las formas de aprovechamiento y conservación de la agrobiodiversidad de agroecosistemas determinan el acceso a los alimentos y la obtención de ingresos complementarios por venta de productos y subproductos en diferentes momentos, tal y como se observa en el municipio de Calpan, lo cual se considera como resultado de la integración de estrategias de vida.

Respecto al subindicador más débil de la dimensión económica, obtuvo una puntuación de 1.41 ya que los productores no realizan un control estricto de las plagas o enfermedades presentes en sus sistemas agroforestales, esto se debe a que en el caso de maíz es utilizado principalmente para su autoconsumo, por lo que no invierten en controlar o eliminar las plagas que en este pudieron aparecer, reportando en su totalidad que lo que más los afecta es la presencia de chapulín (*Sphenarium purpurascens*).

En cuanto a los frutales como el tejocote (*Crataegus mexicana*) y capulín (*Prunus serotina*), cuando llegan a presentar daños por plagas o enfermedades, su producto aun lo pueden colocar en el mercado. Solo en el caso de algunos frutales como durazno (*Prunus persica*), manzana (*Malus domestica*) y pera (*Pyrus communis*), sí llevan a cabo prácticas para combatirlas. Sin embargo, los productores que realizan la aplicación de productos químicos, lo hacen bajo las recomendaciones de otros productores o de los vendedores de las tiendas de agroquímicos, por lo que es un aspecto en el cual se encuentran en un estado de vulnerabilidad. En este orden de ideas, Pernía y Sanabria (2021) sostienen que la aplicación de tecnologías para el control de plagas y enfermedades ocasionan alteraciones a la biósfera del planeta, que en la mayoría de los casos son irreversibles, por lo que es urgente sustituirlas por un manejo integrado de plagas y enfermedades, como una alternativa más responsable con el ambiente, evitando los peligrosos efectos secundarios por la aplicación de agroquímicos para la salud humana y animal, situación que compromete la sustentabilidad de los sistemas agrícolas.

Con respecto al subindicador de los ingresos provenientes de la parte forestal obtuvieron un valor alto debido a que es la principal fuente de ingresos de lo SAF. Los cultivos presentes en estos sistemas son aprovechados principalmente para autoconsumo por lo que se obtuvo un valor alto en este subindicador, y en caso de excedentes, estos se venden. El subindicador A2 del área económica, está ligado con el de diversificación de la venta, el cual también obtuvo un valor alto. Moreno, Herrera y Benavides (2014) puntualizan que la diversificación a través de los sistemas agroforestales puede brindar a los productores ventajas como: mejor uso de los recursos disponibles, mayor ingreso económico, menos dependencia de un solo cultivo y aumento de la disponibilidad de alimentos. Sin embargo, debe señalarse que López, Álvarez, Miguez, Espinosa y Sánchez (2019) encontraron que, en el municipio de Calpan, algunas familias deben complementar sus ingresos con otras actividades.

Los canales de comercialización a través de los cuales colocan a la venta sus diversos productos son el mercado local, mercado regional y en algunos casos mercados nacionales, por lo que cuentan con diferentes vías para vender lo que obtiene de sus agroecosistemas, sin embargo, los productores refieren que en muchas ocasiones no obtienen las ganancias esperadas, fenómeno que se explica por lo que refieren Aguilar-Poaquiza, Avalos-Peñañiel, Moncayo-Sánchez y Carrión-Torres (2021), pues más allá de solo conseguir vender, debe buscarse un comercio justo, el cual pretende ir más allá del simple intercambio de los productos agrícolas, lo que destaca la imperiosa necesidad de un cambio en las normas, políticas y prácticas del comercio convencional y mostrar cómo un negocio exitoso puede también dar prioridad a la gente y no únicamente a los resultados económicos que se consiguen en el proceso de intercambio comercial.

En cuanto al último subindicador de la IK, obtuvo el valor más alto ya que ningún agroecosistema cuenta con algún tipo de crédito, lo cual puede traducirse en una independencia financiera al producir. En este sentido Gómez, Barradas, y Sámano (2019) reportan que cuando los agroecosistemas están enfocados al autoconsumo tienen extensiones menores a cinco hectáreas, generalmente no cuentan con acceso a créditos agrícolas y seguros agropecuarios, además de que dependen del temporal de lluvia; por otro lado autores como Cotler, Corona y Galeana (2020) y Fernández, Reyes y Álvarez (2021) reportan que a partir de créditos, se permitiría la capitalización de las unidades de producción, lo que se podría traducir en la

presencia de infraestructura rural, como carreteras, instalaciones de almacenamiento y servicios de comunicación, reduciendo así los costos de transacción y permitiría a los agricultores acceder a mejores mercados.

De los subindicadores de ISC, la asesoría técnica es el que menor valor obtuvo en comparación con todos los subindicadores, incluyendo los de las otras dimensiones. El resultado coincide con lo reportado por López et al. (2019) quienes encontraron que del 99 % de familias estudiadas en el municipio no reciben asesoría técnica para el manejo de sus huertos. En este sentido López et al. (2023) mencionan que no existe una igualdad entre las condiciones de los productores que han recibido capacitación en comparación con los que no han tenido acercamiento técnico, encontrando que existen mejores condiciones de mercado para aquellos que han trabajado con asesoría técnica. En cuanto a la apropiación tecnológica, se hace referencia a aquellas adaptaciones que los productores han ido desarrollando con el tiempo o que han ido copiando de otros productores, con la finalidad de mejorar sus condiciones de producción. El valor que se obtuvo se encuentra por debajo del valor que hace referencia a que el sistema es sustentable, lo cual va relacionado con la poca o casi nula asesoría que reciben.

La autosuficiencia genética obtuvo el máximo valor ya que, en todos los casos, los agroecosistemas hacen uso de semillas nativas que se obtienen de los ciclos anteriores, situación que coincide con lo que refieren Cristancho y Estupiñan (2020), ya que las semillas nativas han sido la fuente principal de la que se han abastecido históricamente diversas poblaciones para su sustento, y además forman parte inherente de los valores e identidad cultural.

Los SAF evaluados presentan otra vulnerabilidad en cuanto a la independencia a insumos externos, puntualizando que para que esos sistemas funcionen requieren el uso de energía fósil, abono, fertilizantes, y diferentes tipos de químicos para combatir algunas de las plagas que se presentan. En este sentido, este tipo de prácticas no van encaminadas a conseguir la sustentabilidad del sistema. Dussi, Flores, Barrionuevo, Navarrete y Cecilia (2020) reportan que se requiere de un conocimiento más profundo de los ecosistemas locales para replantear diseños espaciales y temporales que minimicen el uso de energía cultural industrial y el ingreso de insumos externos.

Con respecto a la pluriactividad que presentan las unidades de producción familiar en el área de estudio, el valor que se obtuvo señala que en la mayoría de los casos (59 %) se dedican

exclusivamente a la agricultura, el resto se apoya de actividades como la albañilería, jardinería, comercio, chofer y plomería para complementar sus ingresos, situación que coincide con lo que reportan López et al. (2019) para el mismo municipio. En el subindicador de mano de obra se presenta un valor que tiende a la sustentabilidad debido a que el trabajo que se realiza en los SAF lo desarrollan personas que pertenecen a la unidad de producción familiar; es solo en algunas temporadas, como las de corte y cosecha, cuando se apoyan de mano de obra externa.

El ultimo subindicador de esta dimensión, se encuentra por debajo de un valor que sea sustentable debido a que los jóvenes optan por dedicarse a otra actividad o migrar con el objetivo de “mejorar” y no continuar con las labores del campo, fenómeno que coincide con lo expuesto por Romero et al. (2020), ya que mencionan que el relevo generacional es importante para el futuro de las unidades de producción debido a la edad avanzada de los productores. Sin embargo, no hay mucho interés en establecer un plan de relevo, a pesar de conocer las posibles consecuencias de no tenerlo. Los temas de relevo y herencia no son tratados al interior de las familias, aunque repercute considerablemente en la conservación del patrimonio familiar y en particular en la actividad agrícola.

Retomando a Sarandón y Flores (2014), se considera que un SAF es sustentable cuando el IsGen es superior a 2, o si ninguno de los tres indicadores obtiene un valor menor a 2; los resultados obtenidos en este estudio muestran que el IsGen se encuentra sobre el valor de 2, al igual que cada uno de los indicadores evaluados, siendo el ISC el que resultó con un valor menor, sin embargo, en términos generales los sistemas agroforestales de esta zona tienden a la sustentabilidad ya que el 84 % de los SAF cumplen con lo que señalan Sarandón y Flores (2004) para considerar a un sistema como sustentable; el 16 % restante a pesar de tener un IsGen mayor a 2, presentan alguna de las dimensiones con un valor menor al señalado.

Limitaciones

A pesar de los resultados encontrados, la investigación presentó algunas limitaciones. Al evaluar las dimensiones Ambiental, Económica y Social, los datos de esta última por su naturaleza son complejos para su análisis debido a que pueden ser cualitativos, mixtos o cuantitativos. Además, dependen de la percepción de los productores, así como de los investigadores.

Conclusiones

De acuerdo con el análisis de la sustentabilidad del componente árboles frutales del SAF en el municipio de Calpan, Puebla, y que integra al maíz de forma intercalada, se comprobó la hipótesis planteada. Se concluye que estos sistemas tienden a la sustentabilidad; sin embargo, debe prestarse atención al indicador socio cultural, ya que resultó ser el que presenta más limitaciones. Los sistemas agroforestales de la zona presentan una heterogeneidad en cuanto a sus componentes, la cual responde a las necesidades de cada familia, por lo que cada sistema desarrolla diferentes estrategias para cubrir dichas necesidades.

Los indicadores utilizados permitieron conocer los aspectos con mayor fortaleza y los aspectos más débiles de estos sistemas, por lo que los tres indicadores evaluados a través de los 21 subindicadores, dejan vislumbrar los puntos a los que se debe enfocar el rediseño y trabajo tanto en el agroecosistema como en la unidad de producción familiar para poder desarrollar procesos locales que dan oportunidad de fortalecer los puntos más vulnerables y de esta forma lograr una transición sólida hacia una agricultura sustentable.

Referencias bibliográficas

- Aguilar-Poaquiza, J. B., Avalos-Peñafiel, V. G., Moncayo-Sánchez, Y. P. y Carrión-Torres, M. V. (2021). Comercio justo una opción estratégica para mejorar el sistema de comercialización agrícola. *Revista Investigación y Negocios*, 14(23), 49-63. doi: <https://doi.org/10.38147/invneg.v14i23.127>
- Altieri, M. A. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. *Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable*, 27-34.
- Añazco, J. M. (2017). *Hacia la sustentabilidad de los sistemas agroforestales en el Ecuador continental... un aporte del árbol a la diversificación agrícola y ganadera*. 49-71. Recduperado de <http://repositorio.cidecuador.org/bitstream/123456789/15/1/Agricultura%20Sostenible%20del%20Ecuador.pdf>
- Astier, C. M., Maass, M. M. y Etchevers, B. J. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*, 36(5), 605-620.

La sustentabilidad de los sistemas agroforestales en el municipio de Calpan, Puebla

Reyes-Reyes, Sánchez-Morales

- Badii, M. H., Guillen, A., Fernández, L. G. y Abreu, J. L. (2017). La urbanización en relación con el desarrollo sustentable (Urbanization in relation to sustainable developmet). *Daena: International Journal of Good Conscience*, 12(1), 69-94
- Barrios, E., Gemmill-Herren, B., Bicksler, A., Siliprandi, E., Brathwaite, R., Moller, S., Batello, C. y Tiftonell, P. (2020). The 10 elements of agroecology: Enabling transitions towards sustainable agriculture and food systems through visual narratives. *Ecosyst People* 16(1): 230-247. doi: <https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1808705>
- Briceño. Y. H. (2020). Indicadores de sustentabilidad en los sistemas agroforestales. *Revista Investigación Agraria*, 2(1), 72-81.
- Brundtland, G. (ed.) (1987). *Our common future: The World Commission on Environment and Development*. Oxford: Oxford University Press.
- Bustillo, G. L. y Martínez, J. P. (2008). Los enfoques del desarrollo sustentable. *Interciencia*, 33(5), 389-395.
- Cantú, P. C. (2012). El axioma del desarrollo sustentable. *Revista de Ciencias Sociales*, (137). doi: <https://doi.org/10.15517/rcs.v0i137.8420>
- Carolan, M. S. (2013). *Reclaiming Food Security*. Inglaterra: Routledge.
- Castro, C. y Agualimpia, Y. (2024). Perspectivas sobre la pérdida de fertilidad del suelo en plantaciones bananeras de Urabá, Colombia. *Revista Ciencia Agraria*, 3(2), 52-72.
- Cevallos, M. S., Urdaneta, F. y Jaimes, E. (2019). Desarrollo de sistemas de producción agroecológica: dimensiones e indicadores para su estudio. *Revista de Ciencias Sociales*, 25(3), 172-185.
- Cotler, H., Corona, J. A. y Galeana, P. J. M. (2020). Erosión de suelos y carencia alimentaria en México: una primera aproximación. *Investigaciones geográficas*, (101). doi <https://doi.org/10.14350/ig.59976>
- Cristancho, Y. R. y Estupiñán, A. T. (2020). Nuestra herencia maíz: semillas nativas vs. semillas transgénicas, una aproximación desde la cultura y los derechos humanos. *Derecho y Realidad*. doi: <https://doi.org/10.19053/16923936.v18.n35.2020.10183>
- Dafermos, G. y Vivero-Pol, J. L. (2015). Agroalimentación: sistema agroalimentario abierto y sustentable en Ecuador. *Buen Conocer-FLOK Society. Modelos sostenibles y políticas públicas para una economía social del conocimiento común y abierto en el Ecuador* (pp. 293-344). Ecuador: Asociación aLabs.
- Díaz, P. G. (2019). Relación costo-beneficio de sistemas de gestión ambiental en empresas manufactureras venezolanas. *Revista de Ciencias Sociales*, XXV (1), 143-155.
- Dussi, M. C., Flores, L. B., Barrionuevo, M., Navarrete, L. y Cecilia, A. (2020). Encuentro entre la agroecología y la agricultura biodinámica: ¿Alternativa a la agricultura industrial? *Agroecología*. 14(1), 35-40. doi: <http://orcid.org/0000-0002-5673-4316>
- Food and Agriculture Organization (FAO, 2018). *Catalysing dialogue and cooperation to scale up agroecology: outcomes of the FAO regional seminars on agroecology*. Rome. Recuperado de <http://www.fao.org/3/I8992EN/i8992en.pdf>
- Fernández, A., Reyes, A. y Álvarez, F. (2021). Los programas de apoyo para el financiamiento del sector agrícola mexicano, caso Sistema Producto Arroz en Morelos (1994-2018). *Revista Espacios*, 42(6). doi : <https://doi.org/10.48082/espacios-a21v42n06p02>
- Gajardo, M. (2014). Educación y desarrollo rural en América Latina: reinstalando un campo olvidado de las políticas educativas. *Revista iberoamericana de evaluación educativa*, 7(3), 15-27.
- García, A. M. (2018). *Evaluación de sistemas agroforestales sobre la base de indicadores de sustentabilidad en 8 Comunidades de la Parroquia Chugchilán, Cantón Sigchos, Provincia de Cotopaxi* (Tesis de Maestría). Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- Giraldo, O. F. y Rosset, P. (2018). Agroecology as a territory in dispute: Between institutionality and social movements. *The Journal of Peasant Studies*. 45(3): 545-564. doi: <https://doi.org/10.1080/03066150.2017.1353496>
- Gliessman, S. R., Rosado, F. J., Guadarrama, Z. C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V. E. y Jaffe, R. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Revista Ecosistemas*, 16(1).
- Gómez, R. (1979). *Introducción al muestreo*. (Tesis de maestría en Ciencias en Estadística). Centro Estadística y Cálculo, Colegio Postgraduados, Chapingo, México.
- Gómez-Betancur, L. M., Márquez-Girón, S. M. y Restrepo-Betancur, L. F. (2018). La milpa como alternativa de conversión agroecológica de sistemas agrícolas convencionales de frijol (*Phaseolus vulgaris*), en el municipio El Carmen de Viboral, Colombia. *Idesia (Arica)*, 36(1), 123-131.

La sustentabilidad de los sistemas agroforestales en el municipio de Calpan, Puebla

Reyes-Reyes, Sánchez-Morales

- Gómez, M. E., Barradas, P. y Sámano, R. M. A. (2019). Condiciones sociales que caracterizan la multifuncionalidad de la agricultura en México. *Campo-território: revista de geografia agrária*, 14(32), 7-27. doi: <https://doi.org/10.14393/RCT143201>
- Guevara, M., Z. y Vásquez, R. E. (2023). Caracterización y evaluación de la sustentabilidad de fincas cafetaleras en la localidad de Nuevo Chirimoto, Rodríguez de Mendoza-Región. *Revista Científica Pakamuros*, 7(1), 46-55
- Gutiérrez-García, G., Espinosa-Ayala, E. y Márquez-Molina, O. (2022). Evaluación de la sustentabilidad de la cunicultura de traspatio en el Estado de México mediante el método IDEA. *Terra Latinoamericana*, 40. doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.946>
- Gutiérrez, C. J., Aguilera, G. L. y González, E. C. (2008). Agroecología y sustentabilidad. *Convergencia*, 15(46), 51-87. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-14352008000100004&lng=es&tlng=es
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2020). Censo de Población y Vivienda 2020.
- López, J. L., Álvarez, G. J. F., Miguez, E. R., Espinosa, A. M. y Sánchez, A. P. (2019). Huertos familiares y seguridad alimentaria: el caso del municipio de Calpan, Puebla, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 16(3), 351-371. doi: <https://doi.org/10.22231/asvd.v16i3.1234>
- López, E. P., Pérez, Y. M., Soto, M. M., Alonso, O. A., Roy, S. R. y Cisneros, C. C. (2023). Impacto de la capacitación a los productores agropecuarios de la Cuenca del Papaloapan. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 3194-3207. doi: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.8912
- López, S. M., Alberich, T., Aviñó, D., García, F., Ruiz, A. A. y Villasante, T. (2018). Herramientas y métodos participativos para la acción comunitaria Informe SESPAS 2018. *Gaceta Sanitaria*, 32(1), 32-40.
- Martínez, R. (2004). Fundamentos culturales, sociales y económicos de la agroecología. *Revista de Ciencias Sociales (Cr)*, 1(103-104), 93-102.
- Moreno, B. M., Herrera, A. y Benavides, K. L. (2014). Evaluación socioeconómica y ambiental de tres tipos de sistemas agroforestales en el Trópico Seco Nicaragüense. *Revista Científica de FAREM-Esteli*, (11), 13-26. Recuperado de <https://camjol.info/index.php/FAREM/article/view/1601/1402>
- Osorio, G. N., López, S. H., Ramírez, V. B., Gil, M. A. y Gutiérrez, R. N. (2015). Producción de maíz y pluriactividad de los campesinos en el Valle de Puebla, México. *Nova scientia*, 7(14), 577-600. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052015000200577&script=sci_arttext
- Pantoja, E. (2022). *Aporte de la agricultura familiar a la seguridad alimentaria de las familias campesinas del distrito de Independencia*. (Tesis Maestría). Huaraz, Ancash, Perú.
- Pernía, J. C. y Sanabria, M. E. (2021). El manejo integral de plagas y enfermedades en cultivos como una alternativa de compromiso para el cumplimiento de la responsabilidad social ambiental en la agricultura. *Dissertare Revista de Investigación en Ciencias Sociales*, 6(1), 1-21. Recuperado de <https://revistas.uclave.org/index.php/dissertare/article/view/3170/1971>
- Piedrahíta, D. C., Vásquez, V. S., Torres, A. A. y Vásquez, E. G. (2019). Evaluación y planificación de sistemas agroforestales sustentables de cacao (*Theobroma cacao* L.) y bambú (*Guadua angustifolia* K.), Montalvo, Ecuador. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 4(4), 10-21.
- Reyes, M. L., Camacho, T. C. y Guevara, H. F. (2013). *Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico Núm. 7. México: INIFAP.
- Reyes, R. A., Ocampo, F. I., Ramírez, V. B., Ortiz, T. E., Sánchez, M. P. y Acosta, M. M. (2020). Campesinidad y agroindustrialidad de los sistemas agroforestales de San Andrés Calpan, Puebla. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23, 98.
- Roberts, W. (2013). *The No-Nonsense Guide to World Food* (2nd ed.). Inglaterra: New Internationalist.
- Romero, S. R., Márquez, V. H., Santoyo, A. V., Ayala, G. y Altamirano, J. R. (2020) (en prensa). La sucesión agrícola de unidades de producción del centro de México. ITEA-Información Técnica Económica Agraria. Vol. xx: 1-18. doi: <https://doi.org/10.12706/itea.2020.007>
- Ruiz, C. Wolf, M. y Claret, M. (2015). Rastrojos de cultivos anuales y residuos forestales. En: Ruiz (ed.) *Rastrojos de cultivos y residuos forestales. Programa de Transferencia de Prácticas Alternativas al Uso del Fuego en la Región del Biobío*. Boletín INIA N° 308, 196 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile

La sustentabilidad de los sistemas agroforestales
en el municipio de Calpan, Puebla

Reyes-Reyes, Sánchez-Morales

- Salazar, D. L. y Magaña, M. A. (2016). Aportación de la milpa y traspato a la autosuficiencia alimentaria en comunidades mayas de Yucatán. *Estudios sociales*, 24(47), 182-203. Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-45572016000100182&script=sci_arttext
- Salgado, S. R. (2015). Agricultura sustentable y sus posibilidades en relación con consumidores urbanos. *Estudios sociales*, 23(45): págs. 113-140. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572015000100005
- Sarandón, S. y Flores, C. (2014). *La agroecología: el enfoque necesario para una agricultura sustentable. Agroecología. Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. México: Editores: Sarandón, Santiago Javier y Flores, Claudia Cecilia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10915/37280>
- Sarandón, S. J., Zuluaga, M. S., Cieza, R., Janjetic, L. y Negrete, E. (2004). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*, 1, 19-28
- Serri, D. L., Meriles, J. M., Conforto, E. C., Pérez Brandan, C., Pastor, S. E., Grumberg, B. C., ... y Vargas Gil, S. (2018). *Incorporación de trigo en la rotación agrícola: una herramienta para potenciar el funcionamiento del agroecosistema*. Asociación Argentina Ciencias.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2022). Producción anual por municipio cierre agrícola. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Consulta: abril 9, 2022).
- Sullivan, P. (2003). Applying the principles of sustainable farming. *Fundamentals of Sustainable Agriculture*. EUA, Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA), Department of Agriculture. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 12(1), 69-94.
- Tello, D., Fiorella, S., Joaquín, A., Vanina, N., Nicolás, P. y Mónica, W. (2024). Dietas saludables y sustentables como eje transformador de los modos actuales de producción de alimentos: evidencias desde la demanda actual en la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. *SaberEs*, 16(1), 1-32.
- Valdés, V. E., Vázquez, D. L. P., Tinoco, R. Á., Sánchez, R., Salcedo, P. E. y Lagunes, F. E. (2022). Servicio ecosistémico de carbono almacenado en cafetales bajo sombra en sistema agroforestal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(28), 287-297.
- Van Noordwijk, M., Duguma, L. A., Dewi, S., Leimona, B., Catacutan, D. C., Lusiana, B., Öborn, I., Hairiah, K. y Minang, P. A. (2018). SDG synergy between agriculture and forestry in the food, energy, water and income nexus: Reinventing agroforestry? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 34, 33-42. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.09.003>