



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD
INSTITUTO DE BIOLOGÍA
RESTAURACIÓN AMBIENTAL

ANÁLISIS DE LA PERMANENCIA DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE AGAVE PULQUERO

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

PRESENTA:
ALEJANDRA MIGUEL LUCARIO

TUTORA PRINCIPAL

DRA. MARIANA VALLEJO RAMOS
INSTITUTO DE BIOLOGÍA

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

DRA. MARÍA ELENA MÉNDEZ LÓPEZ
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL

DR. EDUARDO GARCÍA FRAPOLLI
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., NOVIEMBRE 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Coordinación de Estudios de Posgrado
Ciencias de la Sostenibilidad
Oficio: CGEP/PCS/252/2023
Asunto: Asignación de Jurado

M. en C. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar
Universidad Nacional Autónoma de México
Presente

Me permito informar a usted, que el Comité Académico del Programa de Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, en su sesión 93 del 8 de agosto del presente año, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**, de la alumna **Miguel Lucario Alejandra** con número de cuenta **312009555**, con la tesis titulada “Análisis de la permanencia de los sistemas agroforestales de Agave pulquero”, bajo la dirección de la Dra. Mariana Vallejo Ramos.

PRESIDENTA: DRA. MARTA ASTIER CALDERÓN
VOCAL: DRA. ANA YÉSICA MARTÍNEZ VILLALBA
SECRETARIA: DRA. MARÍA ELENA MÉNDEZ LÓPEZ
VOCAL: DR. ALEJANDRO CASAS FERNÁNDEZ
VOCAL: DR. EDUARDO GARCÍA FRAPOLLI

Sin más por el momento me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE,

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”
Cd. Universitaria, Cd. Mx., 15 de noviembre de 2023.



Dr. Alonso Aguilar Ibarra
Coordinador
Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México y al Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad por darme la oportunidad de seguir con mi preparación profesional.

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías por el apoyo económico brindado para la realización de los estudios de posgrado.

A mi tutora Dra. Mariana Vallejo, por su apoyo, motivación, corrección y dirección durante la realización de este trabajo. Así como a mis cotutores Dra. Ma. Elena Méndez y Dr. Eduardo García por su asesoría.

A los miembros del jurado por sus correcciones y comentarios que enriquecieron y complementaron la investigación realizada.

A todos los profesores del posgrado que formaron parte de mi formación académica y me dieron interés en la ciencia.

A mi familia porque durante toda mi formación me han brindado la ayuda y sustento necesarios para la continuación de mis estudios. Por todo el apoyo y amor incondicional que me ha formado como persona.

A mis compañeros que me impulsaron a seguir en el camino de la ciencia comprometida con la sociedad y me enseñaron el valor del trabajo en equipo y la amistad.

A mis amigos más cercanos que me escucharon, ayudaron y aconsejaron en el transcurso del posgrado, porque gracias a ellos el camino fue más ameno.

En general agradezco a todas las personas que cruzaron en mi camino ya que, sin ellos mi formación, desarrollo personal y académico no habría sido igual. Cada uno ha dejado una huella en mí.

Índice

Resumen	1
1. Introducción	2
1.1 La agricultura y sus consecuencias	2
1.2 La agroecología	3
1.3 Agricultura tradicional y sistemas agroforestales	4
1.3.1 <i>Cultivo de Agave en México</i>	6
1.3.2 <i>Beneficios ambientales de los Agaves</i>	7
1.4 El pulque en el centro de México: surgimiento y declive	8
2. Marco teórico	10
2.1 Economía ecológica	11
2.2 Valoración de la biodiversidad	13
2.3 Marco para la evaluación de los sistemas productivos	16
3. Antecedentes	17
4. Justificación	19
5. Objetivos	20
6. Metodología	20
7. Resultados	30
7.1 Hacienda San Diego Xochuca	30
7.2 Rancho La Gaspareña	36
7.3 Motivaciones	42
7.3.1 <i>Motivaciones culturales</i>	42
7.3.2 <i>Parámetros ambientales percibidos</i>	45
7.3.3 <i>Motivaciones entre dueños y trabajadores</i>	48
7.4 Evaluación de los sistemas productivos	49
8. Discusión	53
9. Conclusiones	61
10. Referencias	63
11. Anexo	72

Resumen

La zona conocida como los Llanos de Apan, que abarca diferentes territorios de Hidalgo, Tlaxcala y Estado de México, fue la región productora de pulque más importante de México. Comúnmente el cultivo de maguey se daba en grandes extensiones, en donde paralelamente también se cultivaban otras plantas como maíz, frijol, cebada, haba y trigo. Sin embargo, en la última década los cultivos de maguey han sido abandonados debido a la disminución en el consumo de pulque, los cuáles han sido sustituidos por cultivos anuales intensivos. Actualmente el cultivo de maguey pulquero se ha mantenido como una opción de subsistencia para algunas comunidades. En la región de los Llanos de Apan podemos identificar un gradiente de intensidad de manejo en el que se visualizan desde pequeños cultivos en hileras de magueyes, hasta cultivos intensivos combinados con cultivos tradicionales. Dentro de los cuales, se pueden observar sistemas agroforestales (SAF).

En tal escenario, el objetivo de esta investigación fue analizar la permanencia de los SAF intensivos de *Agave* pulquero en dos sistemas productivos dentro de los Llanos de Apan. Se analizaron las narrativas tanto de las motivaciones para mantener los sistemas agroforestales, como los beneficios económicos y los beneficios ambientales percibidos. Igualmente se evaluó la sustentabilidad de ambos sistemas utilizando el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo (MESMIS). Se aplicaron entrevistas semiestructuradas, se realizó un análisis costo-beneficio y se utilizó el software MAXQDA para analizar el discurso de las personas y visualizar el número de menciones entorno a las motivaciones por mantener los sistemas agroforestales.

Se encontró que entre las principales motivaciones están las de subsistencia, después resalta un interés por los beneficios ambientales que obtienen del maguey y de la vegetación aledaña; así como los beneficios económicos obtenidos de las diferentes actividades que se realizan. Ambos sistemas tienen una relación costo-beneficio mayor a la unidad, lo que indica que son sistemas rentables. Por ello los sistemas agroforestales de agave son una alternativa para la producción sostenible de productos alimenticios y materias primas junto con la conservación de la biodiversidad y procesos ecosistémicos, además de albergar una gran diversidad de conocimientos y tradiciones que les han permitido sobrellevar obstáculos que han ido surgiendo en relación con el cultivo de maguey pulquero.

1. Introducción

1.1 La agricultura y sus consecuencias

Durante el periodo Neolítico, hace aproximadamente más de 10 mil años, la agricultura se desarrolló en varios puntos del planeta (Casas et al., 2016). Se afirma que el ser humano pasó de la caza, la pesca y la recolección hacia las actividades agrícolas y pastoriles (Narváez et al., 2016). En México, la agricultura prehispánica se caracterizaba por tener como base el sistema de milpas, asociando cultivos como el maíz, frijol, chile y calabaza (Colunga-GarcíaMarín et al., 2017); se practicaba la rotación de cultivos para conservar el suelo y se diseñaron sistemas agrícolas adaptados a condiciones propias del terreno, como terrazas en suelos con pendiente, que se siguen utilizando hasta nuestros días (Álvarez-Duarte et al., 2018; Álvarez-Ríos et al., 2020b; Narváez et al., 2016).

Actualmente, la agricultura intensiva se ha convertido en una de las principales causas de los cambios de uso y cobertura del suelo, y ha ocasionado un mayor uso de agroquímicos y combustibles fósiles, convirtiéndose en un problema ambiental (FAO, 2021; Vallejo et al., 2019; Altieri y Toledo, 2011; Godfray et al., 2010). El proceso de intensificación de la agricultura se entiende como la transición de agroecosistemas con alta biodiversidad planificada a baja biodiversidad y un aumento en el uso de agroquímicos y maquinaria (Perfecto y Vandermeer, 2008). Después de la segunda mitad del siglo XX la tendencia global ha sido simplificar las formas de cultivo hacia sistemas intensivos de monocultivos, provocando múltiples impactos socioambientales negativos (Altieri y Toledo, 2011; Altieri y Nicholls, 2017; Godfray et al., 2010; Torres-García et al., 2019). El Estado mexicano ha impulsado una agricultura industrializada que incluye agroquímicos, prácticas de monocultivo, laboreo intensivo y determinadas modalidades de riego, las cuales han provocado el deterioro de los suelos y de los ecosistemas (Anglés et al., 2021). Es necesario considerar no solo los cambios ambientales como riesgos hacia la degradación de los ecosistemas, sino también las vulnerabilidades económicas, la estructura social, política y cultural (Adger et al., 2009).

De acuerdo con la FAO (2021) la superficie mundial cosechada de cultivos primarios aumentó un 21% entre 2000 y 2019 hasta los 1400 millones de hectáreas y poco más de la mitad del área

cosechada del mundo corresponde a cereales (57%); igualmente se reporta que el uso de pesticidas aumentó 36% entre 2000 y 2019. En México al menos el 45% de su superficie se encuentra degradada, entre las principales causas se encuentran las prácticas agrícolas (48%), el sobrepastoreo (38.4%), la deforestación (16.5%), la sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico (2.4%), las actividades industriales (0.5%) y la urbanización (3.5%) (Anglés et al., 2021). Por ello la intensificación de la agricultura ha indicado ser una ruta inviable para seguir (Moreno-Calles et al., 2016; Godfray et al., 2010) debido a la disminución de la agrobiodiversidad, cambio de uso de suelo, una alta dependencia de agroquímicos tóxicos y la pérdida de conocimiento ecológico tradicional (Torres-García et al., 2019; Vallejo et al., 2019).

Las prácticas de monocultivos favorecen los procesos erosivos de los suelos, el uso de pesticidas ligado al modelo de producción intensivo ha impactado a las poblaciones de insectos como los polinizadores y herbívoros, los cuales son esenciales para mantener la salud de los ecosistemas; además el uso de organismos genéticamente modificados ha demostrado generar riesgos a organismos silvestres y a la salud humana (Casas y Vallejo, 2019).

1.2 La agroecología

La agroecología ha emergido como una opción hacia el desarrollo sostenible. Los sistemas que promueven la agroecología están basados en la agricultura tradicional a pequeña escala y representan sistemas agrícolas exitosos caracterizados por una gran diversidad de especies cultivadas y animales domesticados, sostenidos por prácticas y conocimientos tradicionales sobre la gestión del suelo, agua y biodiversidad (Altieri y Nicholls, 2017). La sostenibilidad de un sistema agrícola depende tanto de los recursos necesarios para la producción como de los actores que gestionan el recurso (McKenzie et al., 2018). Comúnmente la toma de decisiones dentro de estos sistemas recae mayormente en los campesinos, cuyas decisiones dependen de su cultura, costumbres y conocimientos locales (Vallejo et al., 2019). Por lo tanto, para mejorar la sostenibilidad es fundamental comprender cómo las percepciones, experiencias y prioridades que respaldan las decisiones de gestión de los agroecosistemas difieren entre los productores agrícolas (McKenzie et al., 2018).

La agrobiodiversidad es un concepto que nos permite considerar una variedad de componentes silvestres y domesticados, asociados a los sistemas de producción de alimentos y materias primas; el rol de la agricultura en la conservación de la biodiversidad es una ventana de oportunidad para analizar y estudiar los procesos que ocurren dentro de los sistemas productivos (Casas y Vallejo, 2019). Se ha reconocido que la biodiversidad en este tipo de sistemas es clave para el mantenimiento de la funcionalidad y se resalta la utilidad de estrategias de diversificación de cultivos utilizadas para incrementar la resiliencia de los agroecosistemas; esta diversificación puede ocurrir de muchas formas ya sea diversidad genética, de especies, variedades, diversidad a diferentes escalas del paisaje, entre otras (Altieri y Nicholls, 2017).

Cuando se habla sobre ecosistemas manejados, es importante distinguir entre dos conceptos de biodiversidad; el primero se refiere al conjunto de plantas y animales que el manejador ha decidido que sean parte del sistema, como pueden ser el maíz y el frijol, o bien especies forestales o silvestres, principalmente leñosos y perennes, los cuales pueden estar bajo manejo incipiente mediante prácticas de tolerancia, fomento, protección y siembra de grupos de plantas y especies particulares (Moreno-Calles et al., 2013). Por otro lado, están los organismos que viven o pasan algún tiempo en los sistemas manejados, pero no se incluyen intencionalmente, se le conoce como biodiversidad asociada y es el componente más abundante en casi todos los ecosistemas manejados que cumple un papel importante en los agroecosistemas (Perfecto y Vandermeer, 2008).

1.3 Agricultura tradicional y sistemas agroforestales

Algunas de las diferentes formas tradicionales de gestión de los recursos naturales en los sistemas agroforestales pueden llegar a tener principios agroecológicos. Comúnmente cuentan con un alto grado de diversidad de plantas en forma de policultivos y/o patrones agroforestales, lo que los ha hecho desarrollarse como agroecosistemas más sostenibles; lo cual implica que al estar basados en principios agroecológicos resultan sistemas biodiversos, resilientes, energéticamente eficientes, socialmente justos y contribuyen a la soberanía alimentaria (Altieri y Toledo, 2011; Godfray et al., 2010). Algunos agricultores a pequeña escala y de escasos recursos han desarrollado estos sistemas agrícolas tradicionales, en los que se emplean técnicas innovadoras

de gestión del suelo, agua y uso de especies o variedades de cultivo; se caracterizan por estar adaptados a las condiciones ambientales locales sin depender de la mecanización, fertilizantes químicos, pesticidas u otra tecnología (Altieri y Toledo, 2011). A pesar de que muchos de estos sistemas tradicionales han desaparecido, aún existe la agricultura tradicional en forma de campos, terrazas, policultivos, agroforestería, entre otros, los cuales han sido ejemplo de una estrategia exitosa para la producción (Altieri y Toledo, 2005).

En México, debido a la alta diversidad biocultural que aloja su territorio, se han desarrollado una serie de conocimientos y tradiciones alrededor de las diferentes prácticas de uso del suelo; las cuales se han ido construyendo a través de la modificación de los paisajes (Boege, 2008; Moreno-Calles et al., 2013). En estos sistemas se encuentran integradas diversas estrategias de uso y manejo de la diversidad como la selección, quema, trasplante y protección de plantas útiles, por lo que ayudan a conservar especies nativas, endémicas y silvestres (Moreno-Calles et al., 2014; Vallejo et al., 2019). Así mismo, estos sistemas integran las cosmovisiones, conocimientos y prácticas de manejo que han ayudado a la atención de problemas ambientales (Moreno-Calles et al., 2013; Casas et al., 2014).

Los Sistemas Agroforestales (SAF) se definen como paisajes rurales en donde se llevan a cabo prácticas de manejo que ayudan a mantener los componentes de la biodiversidad principalmente plantas, animales y biota del suelo, se incluyen especies silvestres y la participación de grupos sociales que impulsan la interacción de los componentes del sistema (Vallejo et al., 2019). También son una alternativa a la producción de alimentos y materias primas junto con la conservación de la biodiversidad; siendo una práctica que se puede contribuir a detonar el desarrollo sostenible (Narváez et al., 2016). Aportan beneficios a la economía de los hogares a través de prácticas complementarias asociadas al uso múltiple de recursos y servicios ambientales, son reservorios importantes de diversidad biocultural, donde se construye conocimiento ecológico tradicional (Vallejo et al., 2019). Se ha reportado que los SAF a escala local mantienen una producción dirigida a satisfacer la demanda de ingredientes para la alimentación local, contribuyendo a la soberanía alimentaria y proporcionando servicios ecosistémicos (Moreno-Calles et al., 2016).

1.3.1 Cultivo de *Agave* en México

El cultivo de agaves, o magueyes, está presente en México desde épocas prehispánicas, su aprovechamiento ha sido un pilar para la subsistencia, complementario al cultivo de los granos (Álvarez-Ríos et al., 2020a; Evans, 1990). Vestigios arqueológicos del Clásico Mesoamericano sugieren una estructura de los sistemas agrícolas conformados por franjas de agaves, con cultivos anuales como maíz, frijol y calabaza (Álvarez-Duarte, 2018; Álvarez-Ríos et al., 2020a; Evans, 1990). México es el centro de diversificación y domesticación del género *Agave* con 57% de ellos endémicos (García-Mendoza et al., 2019). Ha sido históricamente relevante en las culturas mesoamericana y aridoamericana; debido a sus diversos usos que han prevalecido en algunas comunidades rurales y periurbanas (Torres-García et al., 2019; Altieri y Toledo, 2011).

El género *Agave* pertenece a la familia Asparagaceae y comprende 210 especies; se distribuye naturalmente desde el sur de EUA, México, el Caribe, centro, norte y sur de América hasta Colombia y Venezuela (García-Mendoza, 2002). Son plantas adaptadas a condiciones de altas temperaturas y periodos prolongados de sequías, por lo que son principalmente representativos de ecosistemas áridos y semiáridos, pero también se encuentran en zonas montañosas templadas húmedas y subhúmedas (Álvarez-Ríos et al., 2020b; García-Mendoza et al., 2019).

En México, el género *Agave* es reconocido por su amplia distribución en los ecosistemas y arraigo nacional, con una gran importancia económica, cultural y ecológica (Colunga-GarcíaMarín et al., 2017; Figueredo-Urbina et al., 2021; Trejo et al., 2020 y Torres-García et al., 2019). Entre los usos más comunes se encuentran los alimenticios, de construcción, vestimenta, elaboración de bebidas fermentadas como el pulque o destiladas como el tequila; siendo el pulque la bebida tradicional más importante producida en México (Álvarez-Ríos et al., 2020b; Figueredo-Urbina et al., 2021; Valdivieso Solís et al., 2021). El manejo de magueyes pulqueros es una actividad vigente de gran importancia económica para las familias productoras (Álvarez-Ríos et al., 2020a; Figueredo-Urbina et al., 2021; Torres-García et al., 2019). Debido al continuo manejo de esta planta, en diferentes regiones se han generado numerosas variedades tradicionales de agave; los principales usos de estas plantas, documentados por arqueólogos, antropólogos y etnobotánicos,

incluyen fibra, alimento, bebidas como el aguamiel, pulque y mezcal, medicina, construcción de casas y cercas vivas (Álvarez-Ríos et al., 2020a; Colunga-GarcíaMarín et al., 2017).

Una de las formas más comunes de cultivo del maguey ha sido en el sistema conocido como “metepantle”, el cual se caracteriza por formar hileras de magueyes y entre ellas gracias a la retención de suelo que ofrece cada línea de maguey se aprovecha para sembrar otros cultivos, normalmente en zonas con fuertes pendientes y alta erosión como en los estados de México, Tlaxcala, Hidalgo y Oaxaca (Valdivieso Solís et al., 2021). Sin embargo, en algunos casos la expansión de los monocultivos extensivos de *Agave* ha resultado en conflictos sociales y problemas ambientales, tal es el caso del *Agave tequilana*, en el que ha ocurrido pérdida de biodiversidad por la devastación de bosques, contaminación de suelos y aguas, debido a las grandes cantidades de agroquímicos utilizados en las plantaciones (Torres-García et al., 2019).

El cultivo del *Agave* se llevaba a cabo en diversas zonas cercanas a la ciudad de México, sin embargo, la principal zona abastecedora de pulque fue la región conocida como los Llanos de Apan. Su relevancia se debió a su localización geográfica, al noroeste de la capital, adecuada para el transporte del pulque y a la calidad de su producción debido al clima y al terreno favorable (Guedea, 1996).

1.3.2 Beneficios ambientales de los Agaves

Los agaves permiten la retención y formación de suelo agrícola aún en condiciones de pendiente, en terrenos pedregosos o tepetate, ayudan a conservar los nutrientes del suelo y evitar su pérdida por erosión; proveen agua, refugio y alimento a diversos organismos (Trejo et al., 2020). En algunos casos se utilizan para delimitar parcelas y forman cercas para impedir el paso del ganado hacia la milpa (Torres-García et al., 2019). Además, la planta retiene humedad que es aprovechada por los cultivos adyacentes, las líneas de maguey ayudan a controlar el agua de lluvia y desviarla hacia donde el productor lo desee para irrigar aquellas partes que retienen menos humedad. Se suelen utilizar como cercas vivas que protegen del viento y de fauna nociva a los cultivos adyacentes y genera un microclima que favorece la retención de humedad y suelo (Narváez et al., 2016). Ayudan a la conservación de biodiversidad ya que albergan animales e

insectos benéficos para los cultivos, como abejas, colibríes, avispas, palomillas y murciélagos, los cuales desempeñan un destacado papel en la polinización. Igualmente se pueden encontrar ratones, cacomixtles, liebres, armadillos, víboras, lagartijas y hormigas (Narváez et al., 2016).

Por otro lado, el turismo rural y cultural representa otra opción para los productores que pueden aprovechar las mismas plantaciones para atraer visitantes, ya que la propia belleza de la planta, el recorrido por las magueyeras, su tradición y cultura son de interés para los habitantes de las zonas urbanas que buscan conocer un poco de la tradición milenaria de cultivar magueyes (Narváez et al., 2016). Uno de los productos con valor agregado que está creciendo en el mercado es la miel de maguey, la cual es elaborada a base de aguamiel deshidratada, ésta se envasa y se comercializa con la respectiva marca y diseño de cada productor, es un producto de origen prehispánico y se elabora de la misma forma que hace cientos de años (Narváez et al., 2016).

1.4 El pulque en el centro de México: surgimiento y declive

Las principales áreas en donde se cultivaban grandes extensiones de agave para la producción y comercialización de pulque fueron las haciendas. A inicios del siglo XIX las haciendas poseían grandes extensiones de tierras y recursos que les permitían cultivar diversos productos como el maguey, la cebada y el maíz sin volverse totalmente dependientes de la producción de un solo cultivo, sin embargo, el pulque era uno de los productos más consumidos por la población (Curiel, 1994). Las haciendas pulqueras comúnmente se dividían en zonas, una era dedicada a cultivos comerciales, el maguey y la cebada, otra a pastizales para el ganado y la última era de tierra improductiva, que se utilizó tiempo después para plantar maguey (Curiel, 1994).

Durante la segunda mitad del siglo XIX y principios del XX las grandes haciendas manejaban la producción, distribución y venta del pulque, se recibían en las aduanas de la capital miles de litros (Álvarez, 2015). Para 1821 la guerra de Independencia trajo repercusiones negativas en la producción ya que el movimiento armado condujo a cambios de dueños en las propiedades. Para 1865 el pulque era transportado por los caminos rurales en carretas; gracias a la construcción de vías férreas, que en su gran mayoría se instalaron durante en porfiriato y favorecieron su comercio. Durante 1866 a 1880, el ferrocarril mexicano monopolizó la transportación del pulque

y se cobraban tarifas altas aparentemente discriminatorias para los productores más alejados de la capital (Curiel, 1994).

Con el estallido de la Revolución Mexicana comenzó el declive de la producción de pulque y con el reparto agrario muchas de las haciendas fueron fragmentadas y repartidas a ejidatarios o comuneros. La producción de pulque continuaba, pero con los nuevos dueños de las tierras, sin embargo, no se tenían los medios financieros ni la visión empresarial de los hacendados, lo que generó que poco a poco se fuera desarticulando la industria pulquera (Lorenzo-Monterrubio, 2007). Hacia 1937 las haciendas pulqueras de los llanos de Apan ya no eran los inmensos latifundios del porfiriato y el pulque no era más la bebida primordial de los pueblos asentados en el Valle de México. La gran mayoría de las exhaciendas repartidas en ejidos y en pequeña propiedad se dedicaron al cultivo de la cebada, siendo ya muy escasa la producción pulquera, casi de consumo particular y en contados casos hecho para su comercialización en la Ciudad de México (Curiel, 1994).

A pesar de la importancia y popularidad del pulque, el declive del consumo de la bebida se debió a varios factores, entre los cuales se destaca el reparto agrario posterior a la revolución mexicana, la competencia del consumo de cerveza y algunas regulaciones de higiene y salud estigmatizaron el consumo del pulque (Aparicio, 2015), además, la longevidad del ciclo biológico de las plantas, la subvaloración de esta bebida por otras fermentadas y la falta de tecnología en la industrialización de producción (Álvarez-Durarte et al., 2018) terminaron por reducir su consumo y comercialización.

2.4.1 Resurgimiento

En la actualidad el cultivo del maguey se ha mantenido como una opción de subsistencia para algunas comunidades, ya que los plantíos se suelen situar como cercos naturales para proteger las siembras contra los animales de pastoreo, y se aprovechan para cultivar cereales en medio de líneas de agaves sin afectarse mutuamente (Ramírez, 2021). Este patrón de cultivo se mantiene en los Llanos de Apan tanto en ejidos como áreas de propiedad privada.

En los Llanos de Apan se pueden encontrar diferentes sistemas de manejo de maguey. Álvarez-Ríos et al. (2020a) llevaron a cabo una investigación sobre las diferentes prácticas de manejo dentro de algunos estados pertenecientes a los Llanos de Apan, en el estado de Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Ciudad de México y además en Michoacán. Encontraron un gradiente de intensidad de manejo en donde el más intensificado es de las magueyeras extensivas, seguido por los metepantles. Los sistemas agroforestales se pueden encontrar tanto en las magueyeras extensivas como en los sistemas de metepantles que se caracterizan por tener hileras de maguey entre cultivos anuales. Se denominan sistemas agroforestales porque a pesar de tener un grado de intensificación diferente, en todos se integra la diversidad de cultivos y especies silvestres, se mantienen prácticas tradicionales y en algunos casos también se hace uso de maquinaria complementaria.

Ante dicho escenario, surgen las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los motivos de los manejadores hacia la permanencia de los sistemas agroforestales de maguey pulquero? y ¿Cuáles son los beneficios económicos y ambientales de estos sistemas? Partiendo de estas preguntas, el objetivo de esta investigación es analizar la permanencia de los SAF intensivos de Agave pulquero en dos sistemas productivos dentro de los Llanos de Apan, en Hidalgo y Tlaxcala; con ello se busca aportar elementos que brinden información útil para resaltar la importancia de la permanencia de los sistemas agrícolas tradicionales.

2. Marco teórico

Algunos marcos teóricos que ayudaron al análisis de los resultados obtenidos en esta investigación fueron la economía ecológica, para el análisis cuantitativo del sistema y la valoración de los ecosistemas con base en la percepción que tienen los manejadores de su entorno. De esta forma se analizó el sistema productivo, tomando en cuenta aspectos económicos, ambientales y sociales. Se buscaba tener una aproximación a los factores que influyen en la permanencia de los sistemas agroforestales de agave.

2.1 Economía ecológica

La expansión e intensificación de la agricultura produjo profundas modificaciones en los agroecosistemas, cuyas consecuencias se ven reflejadas en procesos de erosión, pérdida de fertilidad del suelo y disminución de la biodiversidad (Altieri y Toledo, 2011; Anglés et al., 2021; Briones, 2015). El uso de fertilizante ha estado asociado a la posibilidad de aumentar los rendimientos de los cultivos, lo cual ha conducido a la pérdida de la capacidad productiva del suelo y dependencia a los productos químicos; por lo que se ha planteado la existencia de una incompatibilidad entre la sustentabilidad y rentabilidad, o bien entre los aspectos económicos y ecológicos (Briones, 2015). Por ello resulta fundamental que los sistemas de producción se encaminen hacia la sustentabilidad, lo cual implica el uso de recursos a tasas que no excedan la capacidad de los ecosistemas para reemplazarlos (Godfray, 2010). Permitiendo la regeneración de la fertilidad del suelo, manteniendo la productividad de los cultivos y reconociendo que la naturaleza es esencial para la productividad económica (Altieri y Toledo, 2011; Godfray, 2010; Morello et al., 2005).

Desde el inicio de la humanidad, como hoy en día, la satisfacción de las necesidades humanas implica la interacción con la naturaleza, y a su vez las actividades económicas tienen consecuencias en el funcionamiento de los ecosistemas (Common y Stagl, 2019). Por lo que, en un planeta finito, el crecimiento económico continuo amenaza con superar los límites socioecológicos críticos (Farley y Voinov, 2016). Briones (2015) analiza algunos ejemplos en los que evidencia cómo el incremento en el uso de fertilizantes no se basó en el principio de mantener el capital natural, sino en un análisis de las relaciones económicas con una visión a corto plazo. Además, menciona que los análisis realizados bajo modelos basados únicamente en analizar los beneficios económicos pueden no reflejar lo mismo que lo que se expresaría cuando se contabilizan los costos ecológicos que este genera.

De tal situación surgen modelos económicos alternativos que intentan superar limitaciones en el análisis de las propiedades de un sistema productivo; ya que anteriormente los análisis realizados se enfocaban únicamente en las propiedades cuantitativas monetizables (Briones, 2015). Para ello, la economía ecológica se encarga de estudiar las interacciones que existen entre los sistemas

económicos y ecológicos, ya que, al ser sistemas interdependientes se afectan mutuamente (Common y Stagl, 2019). Igualmente, es importante reconocer que la economía debe ser considerada dentro de los sistemas ecológicos, dado que tanto la producción económica como los servicios ecosistémicos son esenciales para la supervivencia de los seres humanos, sin embargo, el avance tecnológico ha aumentado y causado daños a los ecosistemas a nivel global (Farley y Voinov, 2016). Algunos ejemplos de daños en los ecosistemas son la eutrofización, contaminación de los acuíferos por agroquímicos, erosión y compactación de los suelos, desarrollo de plagas y organismos con resistencia a pesticidas, disminución de la diversidad genética de cultivos (Turrent-Fernández y Cortés-Flores, 2005).

La economía ecológica propone una manera de estimar el valor económico de los productos que comúnmente son infravalorados o bien no tienen un mercado; ejemplo de ello son los productos forestales no maderables que históricamente han tenido poco interés debido a que son consumidos por la población local y no comercializados, por lo que estimar su valor económico puede ayudar a determinar los ingresos reales de los recolectores y el ingreso extra que necesitarían si ya no pudieran recolectar ese recurso (Delang, 2006). En esta misma idea, podemos plantear que cuando se venden los productos es posible utilizar el precio del mercado para estimar el ingreso total obtenido; por lo tanto, un análisis costo-beneficio puede permitir comparar los beneficios de diferentes actividades económicas en términos de ingresos, el cual es el método más común cuando se analizan sistemas agrícolas (Rodríguez-Robayo et al., 2021). La fortaleza del análisis de costo-beneficio es encontrar el beneficio neto de una actividad, ya que tiene una relación funcional en diferentes circunstancias y contextos (Kumar, 2011). Hay estudios relacionados con cultivos subutilizados y patrimonio tangible e intangible que intentan revelar la diversidad de valores que un producto o sistema tiene. Se ha resaltado que no todos los productos tienen mercado o que el sistema de mercado suele dejar de valorarlos o bien darles un valor no representativo cuando no se reconocen los diferentes contextos culturales e institucionales (Rodríguez-Robayo et al., 2021).

Además de un valor monetario en el mercado, también existe el valor cultural que está relacionado con atributos tales como calidad estética, significado espiritual, función social y significado histórico (Wright y Eppink, 2016). Es probable que las características que componen

el valor cultural de un bien influyan en gran medida su valor económico, aunque no es probable una correlación entre ambos valores; es decir que el valor monetario no es completamente representativo al valor cultural. No obstante, se esperaría que la valoración económica y monetaria capte gran parte de la importancia cultural de las cualidades del patrimonio y el valor cultural, además de proporcionar información sobre los cambios en el bienestar que resultan de las acciones de gestión de los ecosistemas (Wright y Eppink, 2016; Kumar, 2011).

El capital natural y los servicios ecosistémicos son importantes para el mantenimiento de la vida humana, por lo que ambos conceptos deben integrarse como un solo sistema considerando las interdependencias entre los humanos y el resto de la naturaleza, tal como lo plantea la economía ecológica (Costanza, 2020). Por ello es fundamental realizar cambios epistemológicos en los lenguajes de valoración utilizados, debido a la instauración de lenguajes desde lo monetario y también la eliminación de otros desde lo cultural y político (Melgarejo, 2019). Por lo tanto, valorar el capital natural y los servicios ecosistémicos requiere evaluar sus contribuciones hacia la meta del bienestar sostenible de todo el sistema de humanos y el resto de la naturaleza. Esta premisa reconoce que el bienestar humano sostenible no puede lograrse sin el bienestar del resto de la naturaleza (Costanza, 2020).

2.2 Valoración de la biodiversidad

Existen diversos marcos y aproximaciones que han contribuido a reconocer el valor de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Algunos investigadores han debatido y cuestionado si la economía puede medir el verdadero valor de la naturaleza (Common y Stagl, 2019; Kumar, 2011; Briones, 2015). Smale (2006) sostiene que un punto de partida para una mejor comprensión de la valoración ambiental, con base en diferentes disciplinas, es definir un objetivo común, el cual puede ser la conservación. Está claro que las decisiones humanas conducen a acciones que tienen impacto en los ecosistemas, causando cambios en su estructura y función (Kumar, 2011). Comúnmente la mayoría de las decisiones ambientales implican tener que considerar diferentes tipos de beneficios frente a sus costos, sin embargo, en la mayoría de los casos estos son poco entendidos o pobremente cuantificados (Costanza, 2020). Además, las formas en que los valores

se conceptualizan y vinculan a decisiones y acciones específicas varían mucho entre las disciplinas académicas, según las diferentes visiones del mundo (Balvanera et al., 2022; Costanza, 2020).

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA) propone un marco centrado en la dependencia de los humanos no solo de los recursos sino del funcionamiento de los ecosistemas. La Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES), menciona que la palabra “valor” puede reflejar metas de vida, creencias, principios rectores generales y también puede reflejar las opiniones o juicios sobre la importancia de cosas específicas en situaciones y contextos particulares. Costanza (2020) menciona que los sistemas de valores pueden hacer referencia a un conjunto de normas y preceptos que guían el juicio y la acción humana; como lo son los marcos normativos y morales que utilizan las personas para asignar importancia y necesidad a sus creencias y acciones.

Por ello, a todos los beneficios que se obtienen de los ecosistemas se les conoce como servicios ambientales (MEA,2005). En ellos se incluyen los servicios culturales, los cuales se refieren a aquellos beneficios no materiales que las personas obtienen a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación, los conocimientos, las relaciones sociales y los valores estéticos (MEA,2005; Kumar, 2011). Se ha argumentado que los servicios ecosistémicos culturales representan uno de los incentivos más fuertes para que las personas se involucren en la conservación del capital natural (Barrena et al., 2014); así como también se ha reconocido que las diferencias culturales son fundamentales en la forma en que las personas conciben y se relacionan con el ambiente (Kumar, 2011).

Los agricultores pueden valorar los alimentos que producen de diferentes maneras, por ejemplo, considerándolos como un producto de mercado puro, que produce un beneficio financiero, o como parte integral de su identidad cultural y autodeterminación (Pascual et al., 2017). Así mismo la manera en que las personas perciben los ecosistemas y la biodiversidad determina la forma en que se valoran y también define cómo serán las interacciones humanas con el ambiente (Kumar, 2011). Sin embargo, las percepciones son resultado de experiencias y vivencias personales, por lo que es visto como un proceso de aprendizaje que produce conocimiento y experiencias sobre el entorno (Durand, 2008). Esto es importante debido a que el estudio de las perspectivas

ambientales puede ayudarnos a explicar cómo algunas personas o grupos sociales manejan su ambiente de una u otra forma, qué es lo que aprecian o rechazan y cómo estas experiencias determinan lo que se considera ambientalmente adecuado (Durand, 2008).

Las decisiones que se toman sobre el manejo de los ecosistemas, por ejemplo, sobre qué cultivar y cómo manejarlo impactan en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, la disponibilidad y calidad de los productos agrícolas y los servicios ecosistémicos que brindan. Estas decisiones están fuertemente ligadas a sus valores (Barton et al., 2022), que a su vez están influenciados por múltiples factores socioecológicos, incluidas las interacciones con otros productores, personal de la agroindustria e investigadores (Mckenzie et al., 2018). Por ello, los valores pueden contribuir a adaptar acciones de conservación de la biodiversidad a los contextos locales y apoyar prácticas sostenibles que beneficien a los agricultores, la sociedad y el medio ambiente (Barton et al., 2022).

De acuerdo con el marco conceptual del IPBES (2022), se describen valores específicos que se enfocan en opiniones o juicios sobre la importancia de cosas específicas en contextos particulares. Estos se pueden clasificar de la siguiente forma: a) valor intrínseco: relacionados con la importancia de los procesos evolutivos y ecológicos que son independientes de los juicios de las personas; b) valor instrumental: relacionados con la importancia de sostener los servicios ecosistémicos, valores funcionales y valores de uso indirecto; c) valores relacionales: refiriéndose a la importancia de los procesos de soporte vital que dan sentido a la existencia e identidad de las personas, derivan de nuestras relaciones con la naturaleza y nuestras responsabilidades hacia ella (Anderson et al., 2022).

Este marco conceptual señala la importancia de reconocer los diferentes tipos de valores que pueden influir en los tomadores de decisiones; si bien reconoce los valores intrínsecos de la naturaleza; también están los valores relacionales que son aquellos que no emanan directamente de la naturaleza, sino que se derivan de nuestras relaciones con ella y nuestras responsabilidades hacia ella. Pueden reflejar elementos de identidad cultural, cohesión social, responsabilidad social y responsabilidad moral hacia la naturaleza (Pascual et al., 2017).

2.3 Marco para la evaluación de los sistemas productivos

El Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (Masera et al., 1999) es una herramienta metodológica que ayuda a evaluar la sustentabilidad de sistemas de manejo de recursos naturales, parte de un enfoque sistémico y multidimensional (Astier, 2006; Masera et al., 1999). Se ha propuesto como un proceso de análisis y retroalimentación en el que se brinda una reflexión crítica destinada a mejorar las posibilidades de éxito de los sistemas de manejo (Astier et al., 2008). Dentro del marco, el concepto de sustentabilidad se define a partir de siete atributos generales para los agroecosistemas o sistemas de manejo: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autodependencia. Dichos atributos cuentan con criterios de diagnóstico los cuales cuentan con indicadores específicos (Astier, 2006; Masera et al., 1999).

El MESMIS define cada atributo y propone indicadores para su evaluación, por ejemplo: la productividad es la capacidad del agroecosistema para brindar el nivel requerido de bienes y servicios, la estabilidad se refiere a la capacidad de mantener los beneficios proporcionados por el sistema en un nivel no decreciente bajo condiciones promedio, la confiabilidad es la capacidad del sistema de mantener su productividad o beneficios en niveles cercanos al equilibrio y la resiliencia es la capacidad el sistema de retornar al estado de equilibrio después de alguna perturbación, la adaptabilidad se refiere a la capacidad del sistema de continuar siendo productivo o de brindar beneficios ante cambios ocurridos, la equidad habla de la distribución justa de los beneficios y costos relacionados con el manejo de los recursos y la autodependencia es la capacidad del sistema de controlar sus interacciones con el exterior (Astier et al., 2008; Masera et al., 1999).

De manera general el marco integra los siguientes elementos: a) delimitación del objeto de estudio; b) definición de los criterios de diagnóstico y de indicadores relacionados con los atributos de sustentabilidad; c) medición de los indicadores; d) análisis e integración de los resultados de la evaluación (Masera et al., 1999). En este sentido, debe entenderse al MESMIS como un método para organizar la discusión sobre sustentabilidad y la forma de hacer operativo

el concepto integrando características ecológicas, sociales y económicas, mediante el uso de indicadores apropiados (López-Ridaura et al., 2002).

3. Antecedentes

El cultivo de maguey en la zona centro de México para la producción de pulque es una práctica que se ha ido transformando a lo largo de los años por diversos acontecimientos históricos del país, dirigiéndose hacia un descenso en el manejo, abandono de las tierras y transformación de la producción hacia monocultivos de cereales (Ramírez y Hernández, 2018). Debido a las condiciones climáticas y geográficas que presenta la región de los Llanos de Apan, es una zona propicia para el establecimiento de plantaciones extensivas principalmente de *Agave salmiana*, manteniendo más de 30 variedades de maguey pulquero (Flores, 2022). Por lo tanto, el agave se manifestó como una opción de subsistencia para las comunidades rurales dentro de los Llanos de Apan, ya que los magueyes actuaban como cerco natural para proteger las siembras de los animales de pastoreo, y porque podían cultivar cereales en medio de líneas de cultivo de agaves sin afectarse mutuamente (Ramírez, 2021).

A partir del siglo XIX el cultivo de maguey para la producción de pulque se conformó como una opción productiva de gran expectativa comercial entre agricultores consolidando un paisaje distintivo en México (Ramírez, 2021). Los sistemas de manejo de maguey pulquero en México se desarrollan a diferentes escalas y constituyen estrategias de manejo que se han transmitido por generaciones, incorporando innovaciones en herramientas, prácticas y procesos, sin dejar de lado que son elementos de identidad y tradición milenaria para México (Álvarez-Ríos et al., 2020a).

Ante la importancia que tuvo el cultivo de agave para la producción de pulque y su inminente declive ocasionado por múltiples factores, entre ellos, principalmente, la subvaloración del pulque por otras bebidas fermentadas y la falta de tecnología en la industrialización de producción (Álvarez-Durarte et al., 2018); se han realizado diversos estudios en torno a los sistemas de manejo de maguey pulquero dentro de la región de los Llanos de Apan. A cerca del proceso de surgimiento y caída de la industria pulquera, se ha analizado el cambio paisajístico a partir de la caída de la industria pulquera en las zonas productivas de los Llanos de Apan. En tal

investigación, se describen además de los cambios en el territorio, cambios en la organización social a través del tiempo ocasionados por la actividad económica de la producción del pulque (Flores, 2022).

Igualmente se ha documentado la problemática que enfrentan productores de pulque en el Valle de México, en donde se resalta la subvaloración social de la bebida, afectaciones a las plantas por destrucción y modificación de su hábitat como resultado de la urbanización, carreteras y la extracción de plantas para uso ornamental, la sustitución del cultivo de agave por otros cultivos, como es la cebada y avena y la falta de nuevas tecnologías para la industrialización del pulque, lo cual ha llevado a la disminución de áreas cultivadas, y menor diversidad de usos (Juárez et al., 2014). Álvarez-Duarte et al. (2018) documentaron el aprovechamiento del maguey pulquero en localidades de Puebla y Tlaxcala, en donde concluyen que la duración del ciclo del cultivo, poca demanda de pulque, baja rentabilidad económica y ausencia de normas de protección para la planta, han provocado la disminución de la superficie de cultivo del maguey y la erosión del conocimiento del cultivo y su aprovechamiento.

En cuanto a los sistemas agroforestales de agave y su relevancia histórica, ecológica, económica y cultural; Torres-García et al. (2019) evaluaron la riqueza del género *Agave* en México, registrando los usos y prácticas de manejo, así como los beneficios ambientales que estos proporcionan. Dentro de los estados de Tlaxcala e Hidalgo, sitios de interés en esta investigación, también se han llevado a cabo investigaciones en torno al maguey pulquero. Narváez et al. (2016) analizaron diferentes municipios de estados con tradición pulquera, entre ellos Tlaxcala e Hidalgo, concluyendo que la producción de maguey proporciona múltiples servicios ambientales y si se aprovecha de manera integral, con la técnica adecuada, buscando los canales de comercialización apropiados puede contribuir a detonar el desarrollo sustentable de las comunidades.

Igualmente se ha documentado el estado de estos sistemas de agave pertenecientes a los Llanos de Apan. Un ejemplo es el de Álvarez-Ríos et al. (2020a) en donde evaluaron cinco sistemas de manejo de maguey pulquero, dentro de los cuales podemos resaltar las magueyeras extensivas (Tlaxcala) y los “metepantles” (Hidalgo); encontraron que algunos sistemas se insertan en matrices de paisaje altamente transformadas, como las magueyeras extensivas, mientras que

otros sistemas incorporan vegetación nativa como los “metepantles”. Figueredo-Urbina et al. (2023) mencionan que para el estado de Hidalgo los sistemas de agave pulquero conservan una amplia agrobiodiversidad de agaves y otras especies útiles, además de ser espacios productivos fundamentales para la manutención de familias en contextos rurales. Igualmente, Figueredo-Urbina et al. (2021) analizaron las variedades tradicionales de agave pulquero usadas en la producción de aguamiel bajo sistemas agroforestales; encontraron que hay menor diversidad genética y una estructura poblacional moderada entre los agaves cultivados en comparación con las poblaciones silvestres.

Así mismo, se han evaluado las características morfológicas de especies silvestres del género *Agave* y su relación con las especies domesticadas de importancia pulquera, dentro del Rancho la Gaspareña en el estado de Hidalgo, en donde se encontraron pocas diferencias significativas entre agaves, señalando que los domesticados se caracterizan por tener un mayor gigantismo que en las especies silvestres (Vega, 2021). La investigación realizada por Domínguez (2022) evalúa la conservación de la diversidad biológica en los sistemas agroforestales de la Hacienda Xochuca, sitio de interés en nuestra investigación, resaltando que en todo el sistema agroforestal el número de especies vegetales es de veinticuatro.

4. Justificación

Dentro de la región de los Llanos de Apan aún existen espacios que mantienen los cultivos de agave pulquero bajo el uso de sistemas agroforestales. Este tipo de manejo implica además de tener los agaves bajo producción, paralelamente tener policultivos como maíz, haba, cebada, avena, etc., así como vegetación silvestre (Álvarez-Duarte et al., 2018; Colunga-GarcíaMarín et al., 2017). La investigación de los sistemas agroforestales de agave es importante para resaltar los diversos beneficios ambientales y económicos que se pueden obtener de estos sistemas productivos; viéndolos como un modelo productivo perfectible y reproducible en zonas bioclimáticas similares.

Es importante que el análisis de estos sistemas reconozca la influencia de los valores culturales de los manejadores hacia los cultivos, ya que estos impactan en la toma de decisiones y los alienta

a seguir con este tipo de sistemas de producción. Por ello, es necesaria la investigación para resaltar la importancia de realizar estudios que involucren aspectos sociales, económicos y ambientales. Por lo tanto, esta investigación pretende aportar conocimientos para alentar la permanencia de los sistemas agroforestales de agave pulquero y promover las motivaciones personales en torno al manejo del agave y sus beneficios tanto ambientales como económicos. Así mismo aportar información para las comunidades y la ciencia sobre estos sistemas de producción.

5. Objetivos

Objetivo general

Analizar la permanencia de los SAF intensivos de agave pulquero en dos sistemas productivos dentro de los Llanos de Apan: Hidalgo y Tlaxcala

Objetivos específicos

- Analizar las motivaciones actuales de los manejadores para mantener los SAF en dos sitios de estudio
- Analizar los beneficios económicos obtenidos de ambos SAF
- Identificar los beneficios ambientales percibidos por los manejadores hacia los SAF
- Evaluar mediante el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) ambos sistemas productivos

6. Metodología

1. Área de estudio

Los Llanos de Apan es una zona que abarca diferentes territorios de Hidalgo, Tlaxcala y Estado de México (Cerón, 2015). En la Figura 1 está representada la región, así como los dos sitios de estudio: Hacienda Xochuca y Rancho la Gaspareña.

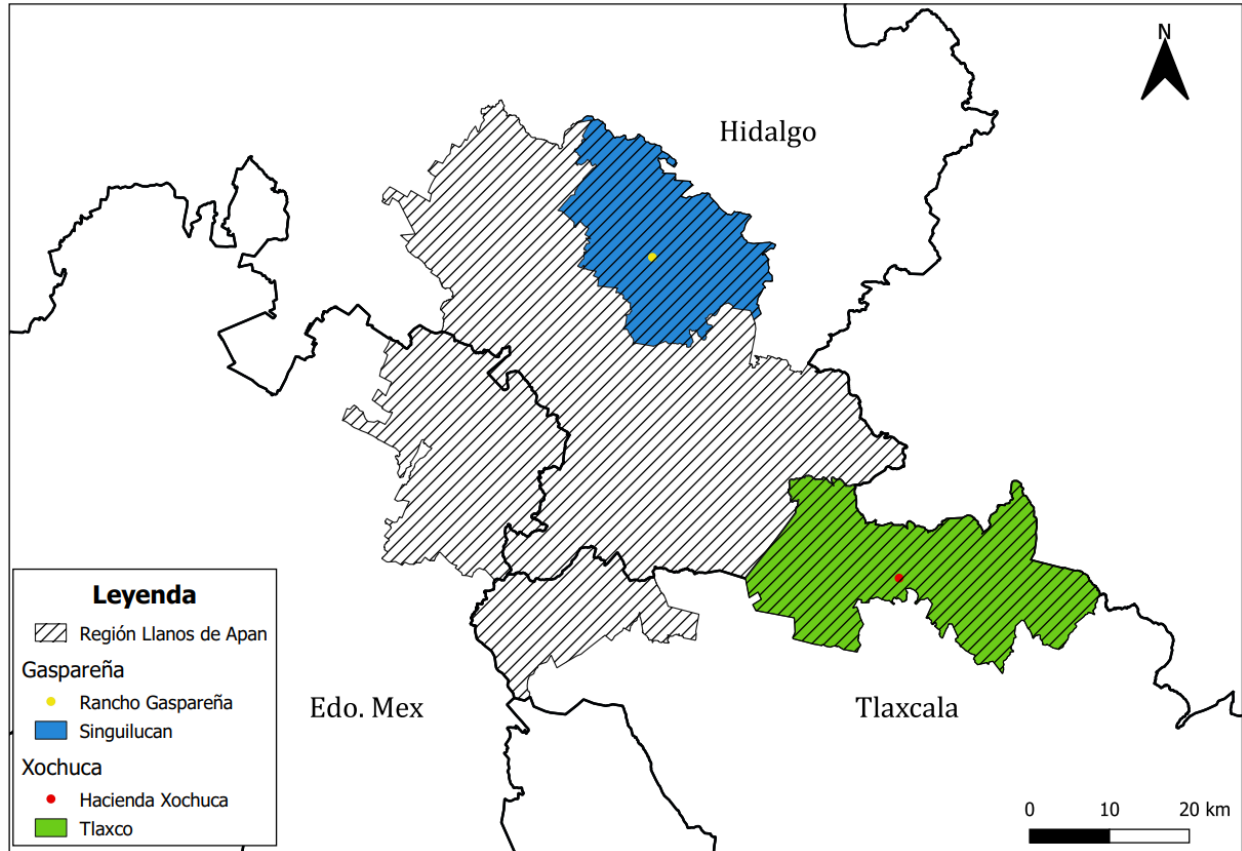


Figura 1. Mapa representativo de la zona de los Llanos de Apan (Elaboración propia)

Dentro de los Llanos de Apan predomina la vegetación xerófila como nopales, huizaches y magueyes; también pueden apreciarse zonas de matorrales y bosques de pinos, estos últimos en partes elevadas. En los estados de Tlaxcala, Hidalgo, Puebla y el Estado de México, las principales especies de agave pulquero son *A. salmiana*, *A. mapisaga* y *A. atrovirens*, su distribución pertenece al Altiplano Mexicano (Vega, 2021).

En los sitios de estudio se puede distinguir un gradiente de intensificación en donde se visualizan desde pequeños cultivos en hileras de magueyes, hasta cultivos intensivos combinados con cultivos tradicionales. Sin embargo, en algunos de ellos aún se maneja el sistema agroforestal, ya que anteriormente se contaban con un gran número de haciendas que se dividían en diferentes partes, una destinada al autoconsumo y otra al comercio (Ramírez y Hernández, 2018). Por lo que, actualmente se han mantenido los cultivos como la cebada, avena, haba, maíz, entre otros,

además del maguey. Ambos sitios de estudio, al encontrarse dentro de los Llanos de Apan, cuentan con condiciones biogeográficas similares. Y en ambos lugares la principal actividad económica es la producción de pulque, mediante el manejo de sistemas agroforestales.

2. Sistema de estudio

2.1 Hacienda San Diego Xochuca

En el estado de Tlaxcala se encuentra el municipio de Tlaxco con una altitud entre 2500 y 3500 m, cuenta con un rango de temperatura de 10-14°C y presenta un rango de precipitación entre 600 a 900 mm (INEGI, 2010). El tipo de suelo dominante es Phaeozem (66.32%), Andosol (27.62%), Vertisol (1.81%) y Durisol (1.41%). El uso de suelo dominante es agricultura (65.43%), seguido de bosque (25.91%), pastizal (5.56%), zona urbana (2.58%) y matorral (0.26%) (INEGI, 2010b).

La hacienda se encuentra en el municipio de Tlaxco en las coordenadas 19° 37'40" de latitud norte y 98°11'43" de longitud oeste, con altitud de 2,587 m. Colinda al norte con los estados de Hidalgo y Puebla; al este con el estado de Puebla y los municipios de Emiliano Zapata, Lázaro Cárdenas y Tetla de la Solidaridad; al sur con los municipios de Lázaro Cárdenas, Tetla de la Solidaridad, Atlangatepec, Muñoz de Domingo Arenas y Hueyotlipan; al oeste con los municipios de Hueyotlipan, Benito Juárez y el estado de Hidalgo (INEGI, 2010b).

La Hacienda cuenta con una extensión de 150 ha de las cuales de 80 a 90 ha son laborables y 30 ha de ellas se utilizan para el cultivo de maguey. Es un lugar que se dedica principalmente a la producción de pulque y algunos derivados de la planta del maguey como el destilado de pulque y producción de miel. Especialmente, dentro de las 150 ha, podemos encontrar cuatro componentes que conforman al sistema agroforestal e interactúan entre sí: a) la parte silvestre que hace referencia a las plantas no domesticadas, b) las magueyeras intensivas que comprende alrededor de 30 ha, c) el policultivo donde se encuentran cultivos tradicionales como maíz, haba, cebada y avena divididos por líneas de magueyes y d) el componente humano que facilita la interacción entre los demás componentes y toma decisiones de manejo. Igualmente, las actividades económicas que se realizan son en relación con los magueyes, tal como los servicios turísticos, la producción de pulque y la renta de tierras para el cultivo.

En cuanto a la vegetación silvestre, se ha reportado para el municipio de Tlaxco que el bosque se compone de pino y oyamel, las especies representativas son *Pinus ayacahuite* C. Ehrenb. ex Schltld, *Pinus montezumae* Lamb., *Pinus patula* Schltld. & Cham., *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus teocote* Cham. & Schltld. Además, predomina el oyamel *Abies religiosa* y el encino *Quercus sp.* (Aguilar, 2019).

2.2 Rancho la Gaspareña

En el estado de Hidalgo se encuentra el municipio de Singuilucan con una altitud entre 2400 y 3100 m, cuenta con un rango de temperatura de 10-16°C, durante los meses más fríos su temperatura es de los -3°C a los 18°C y en el mes más caliente la temperatura es por debajo de los 22°C, presenta una precipitación anual de 400 a 1100 mm (INEGI, 2010a). El tipo de suelo dominante es Phaeozem (55.5%), Umbrisol (23.7%), Iluvisol (8.2%), Regosol (5.3%), Vertisol (3.5%) y Leptosol (3.0%). El uso de suelo dominante es de agricultura (57.6%), seguido de bosque (39.3%), pastizal (2.03%), zona urbana (0.58%) y matorral (0.38%) (INEGI, 2010a).

El Rancho se localiza en el municipio de Singuilucan en las coordenadas 19° 58'09" de latitud norte y 98°30'18" de longitud oeste, con altitud de 2,663 m. Colinda al norte con los municipios de Huasca de Ocampo y Acatlán, al sur con Tlanalapa, al este con Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero y Cuauhtepic de Hinojosa, al oeste con Epazoyucan, al noroeste con Tulancingo de Bravo, al sureste con Tepeapulco, al noroeste con Omitlán de Juárez y Mineral del Monte y al suroeste con Zempoala (Vega, 2021).

El Rancho cuenta aproximadamente con 24 ha, de las cuales 13 ha son de magueyeras, 2 ha son viveros y además 4 ha de milpa. Es un lugar que se dedica principalmente a la producción de pulque y algunos derivados de la planta del maguey como el destilado, miel, vinagre y venta de plantas. Igualmente podemos encontrar los cuatro componentes que describen un Sistema Agroforestal, la parte silvestre, las magueyeras intensivas, el policultivo y el componente humano.

En relación con la vegetación silvestre, esta comunidad presenta bosques de coníferas, bosques de encinos, *Juniperus* y bosques de *Abies* (Vega, 2021). Dentro del bosque templado se han registraron un total de siete especies, pertenecientes a cuatro familias y cuatro géneros: *Pinnus*

sp., *Quercus sp.*, *Juniperus sp.*, *Buddleja cordata* y 3 morfo especies. El género que más dominio tuvo en esta zona es *Quercus*. Y dentro el matorral xerófilo se registraron siete especies, de tres familias y cuatro géneros. *Opuntia robusta*, *Opuntia sp.*, *Agave salmiana*, *Juniperus sp.*, y dos morfoespecies (Vega, 2021). Se ha identificado una sola especie, *Agave salmiana* y una variedad de agave para la zona silvestre templada (Variedad manso) así como 3 variedades para la zona silvestre matorral (Manso, Cimarrón y Tempranillo) (Vega, 2021).

3. Colecta de datos

Una vez conocidas las principales características de los lugares, se efectuaron cuatro visitas de campo en el año 2022, dos para cada sitio, en donde se realizó observación participante, la cual es una técnica que se utiliza para describir los entornos, ambientes y procesos de la vida social con el fin de vislumbrar aspectos sensibles de la realidad de los actores, el habitar cotidiano y la apreciación espacial. (Vázquez, 2019). Con esto se logró tener una inmersión en el lugar y conocer las dinámicas entre los trabajadores y el sistema productivo, así como describir espacialmente los componentes del sistema agroforestal.

Después, con base en el funcionamiento de la hacienda y el rancho, se diseñaron las herramientas metodológicas. Se realizaron entrevistas semiestructuradas (Anexo); tomando en cuenta que solo se entrevistarían a las personas directamente asociadas a los cultivos, es decir únicamente a los trabajadores y dueños. Por lo que en la Hacienda Xochuca se hicieron ocho entrevistas, de las cuales dos corresponden a los dueños, un encargado y cinco trabajadores (“tlachiqueros” y trabajadores de campo). En el Rancho la Gaspareña se realizaron tres entrevistas, dos corresponden a los dueños y una al trabajador (“tlachiquero”). Las entrevistas se llevaron a cabo en el año 2022.

En ambos lugares se realizaron las mismas entrevistas semiestructuradas; el uso de este tipo de entrevistas es la técnica más adecuada para analizar la dimensión emocional, porque permite crear las condiciones de confianza e intimidad que se necesitan para que el entrevistado se sienta libre de expresar su sentir; asimismo, en la investigación las entrevistas tienen un carácter narrativo (Poma, 2020). Si bien las entrevistas tienen un formato establecido con anterioridad, se realizan bajo una visión de no-directividad y se personalizan en la medida que permiten el diálogo

con preguntas abiertas y detonantes, como entrada al entorno social, acorde a una estrategia etnográfica (Vázquez, 2019). Junto con la observación participante se da la posibilidad de triangular los datos recolectados en las entrevistas, además de proporcionar elementos o pistas de carácter exploratorio que se pueden profundizar en el desarrollo de la investigación (Poma, 2020).

Las entrevistas se organizaron en tres ejes principales: el primero sobre motivaciones para mantener los sistemas agroforestales, en donde se realizaron aproximadamente 7 preguntas, el segundo sobre los beneficios ambientales percibidos en donde se realizaron 9 preguntas y finalmente un apartado para la parte económica que únicamente se aplicó para los dueños del lugar, debido a que ellos son los que se encargan directamente de la gestión económica de la Hacienda o Rancho. Para todas las entrevistas realizadas se solicitó permiso a los participantes de grabar y utilizar los datos para fines académicos

4. Análisis de datos

4.1 Cuantitativo

Para el análisis de aspectos económicos de las entrevistas, primero se vaciaron los datos a tablas, en donde por cada actividad económica que se lleva a cabo en los lugares se describieron los costos asociados y los beneficios obtenidos. Con el fin de unificar los datos, se utilizaron las mismas unidades para ambos sitios; por ejemplo, para la producción de pulque se obtuvo datos semanales, para los cultivos tradicionales datos anuales para después pasarlos a semanales y lo mismo con cada actividad desarrollada en los sistemas. Después se realizó un análisis costo-beneficio, descrito en la fórmula 1, para lo cual primero se identificaron las principales actividades económicas de cada lugar y se desglosaron los costos y ganancias de cada una. Se identificaron tres actividades principales: para la Hacienda Xochuca, la producción de pulque, el turismo y los cultivos y para el Rancho la Gaspareña, la producción de pulque, la producción de miel y los cultivos. Cada estimación de ambos sitios se realizó con las mismas unidades y finalmente se hicieron todos los cálculos para una semana y se obtuvo la relación costo beneficio.

$$C/B = \frac{\text{ingresos totales netos}}{\text{costos totales}}$$

Fórmula 1. Relación costo-beneficio

4.2 Cualitativo

Para el análisis de los motivos y los parámetros ambientales percibidos hacia los sistemas, como primer paso se transcribieron las entrevistas; posteriormente, con el software MAXQDA, se llevó a cabo el análisis de los textos asignando códigos basados en uno de los elementos clave del marco conceptual del IPBES (2022), las contribuciones de la naturaleza a las personas (NCP) (Díaz et al., 2018). Los códigos fueron asignados para cada parte de las entrevistas: los motivos de permanencia hacia los sistemas agroforestales y los parámetros ambientales. Es importante mencionar que el análisis y resultados mostrados se basaron en el número de menciones de cada lugar estudiado, con el fin de comprender las narrativas tanto de las motivaciones como de los valores que las personas asocian al sistema agroforestal. De tal forma que se utilizaron graficas donde se ilustra mejor el conteo de las narrativas.

Para generar los códigos de cada tema se realizó una lectura a profundidad de las respuestas ya transcritas dentro del software, cada narración individual fue meticulosamente interpretada y clasificada para su análisis. Lo cual se realizó tomando en cuenta que las NCP hacen referencia a las aportaciones tanto positivas como negativas de la naturaleza, es decir de la diversidad de organismos, ecosistemas, procesos ecológicos y evolutivos asociados; incluye, por ejemplo, el suministro de alimentos, la purificación del agua y la inspiración artística, mientras que las contribuciones perjudiciales incluyen la transmisión de enfermedades (Díaz et al., 2018). Este concepto puede ser abordado desde la llamada perspectiva generalizadora, que está organizada en tres grupos superpuestos: reguladores, materiales y no materiales (Díaz et al., 2018).

Tomando en cuenta lo anterior, se hicieron dos grupos o temas principales, uno para motivaciones el cual se nombró "CU" cultural, en el que se engloba el grupo de no material, el cual se refiere a aspectos subjetivos o psicológicos que sustentan la calidad de vida de las

personas, tanto individual como colectivamente (Díaz et al., 2018). Y otro sobre parámetros ambientales percibidos el cual se nombró “AM” ambiental, en el cual se engloba el grupo de regulación y material que hacen referencia a aspectos funcionales y estructurales de organismos y ecosistemas que modifican las condiciones ambientales y a los bienes físicos obtenidos de la naturaleza, respectivamente (Díaz et al., 2018). Después, para hacer un análisis detallado, se realizaron subcódigos específicos para cada tema. Por ejemplo, para el código “AM” se subdividió en <cambio en el paisaje>, <agrobiodiversidad>, <vegetación silvestre>, <fauna silvestre>, etc. En la Tabla 1 se muestra la definición de cada subcódigo que se utilizó.

Tabla 1. Códigos generados para los temas ambientales y culturales

	Tema	Código	Subcódigo	Definición
Parámetros ambientales percibidos	Ambiental	AM	Maguey positivo	Aspectos positivos de tener cultivos de maguey (menciones sobre menor erosión del suelo o retención del agua)
			Maguey-negativo	Aspectos negativos de tener cultivos de maguey
			Cambio en el paisaje	Aspectos ambientales que se han ido perdiendo con el tiempo
			Vegetación silvestre	Menciones sobre percepciones positivas de tener vegetación silvestre
			Fauna silvestre	Aspectos positivos de la presencia de animales silvestres
			Agrobiodiversidad	Aspectos positivos de tener agrobiodiversidad
			Plagas	Menciones sobre presencia o control de plagas
Motivaciones	Cultural	CU	Familia	Describe motivos relacionados con la herencia familiar
			Historia	Motivos relacionados con una actividad histórica
			Personal	Describe motivos relacionados con gustos personales
			Desmotivación	Aspectos que no les gustan del trabajo

4.3 Evaluación de los sistemas productivos

Con base en el Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) (Maserá et al., 1999) se realizó una selección de atributos, los cuales se encuentran dentro de las tres principales áreas de evaluación: económico, ambiental y social. De tal forma que cada área de evaluación cuenta con atributos e indicadores que los describen (Tabla 2). Tomando en cuenta que estos indicadores son una herramienta con la que se pueden comprender los procesos de los sistemas (Arnés et al., 2013)

Se desarrollaron ocho indicadores con base en las características de los sistemas y la disponibilidad de los datos, clasificados en las tres áreas de evaluación: tres ambientales, tres sociales y dos económicos. En la tabla 2 se describe cada indicador, unos se obtuvieron en campo y otros mediante las entrevistas.

Para el área de evaluación económica, los datos para obtener la relación costo-beneficio se obtuvieron mediante las entrevistas, explicado anteriormente. Con los datos obtenidos de los ingresos de cada actividad productiva se obtuvo el porcentaje del ingreso total. Para el área ambiental, el número de especies vegetales, la variedad de cultivos y la incidencia de plagas se obtuvieron mediante trabajo de campo realizado en el año 2022 (Domínguez, 2022). Para el área social el número de beneficiarios se obtuvo a través de las entrevistas, el uso de conocimientos se obtuvo enlistando las prácticas llevadas a cabo dentro del sistema, por ejemplo, raspar el maguey, la elaboración de miel, la elaboración de la semilla para el pulque, el conocimiento sobre el cuidado de los maguey o cultivos, entre otros. Después de enlistar las prácticas se sumaron aquellas que se llevan a cabo y se le asignó un número a cada sitio. Para la capacitación y generación de conocimientos se obtuvo mediante las entrevistas, por ejemplo, si había capacitación se asignó un valor de 1 y si no contaban con ningún tipo de capacitación se asignó un valor de 0.

Tabla 2. Atributos generales considerados para obtener los indicadores de sostenibilidad

Área de evaluación	Atributo	Criterio de diagnóstico	Indicadores	Fuente
Económico	Productividad	Eficiencia	Relación Beneficio Costo	Entrevistas
	Estabilidad; resiliencia; confiabilidad	Diversificación de actividades productivas	Porcentaje del ingreso total obtenido por diferentes productos del sistema	Entrevistas
Ambiental	Estabilidad; resiliencia; confiabilidad	Diversidad en el tiempo y en el espacio	Número de especies vegetales	Campo
		Fragilidad del sistema	Variedad de cultivos	Campo
			Incidencia de plagas	Campo
Social	Equidad	Distribución de costos y beneficios	Beneficiarios del sistema	Entrevistas
	Autodependencia	Control	Uso de conocimientos	Entrevistas
	Adaptabilidad	Capacidad de cambio e innovación	Capacitación y generación de conocimientos	Entrevistas

La estandarización de los indicadores se realizó para poder analizar y evaluar cada sistema englobando las tres áreas de evaluación. Las variables se estandarizaron transformando cada indicador a una escala relativa de 0 a 1, siendo el 1 el valor más alto de sostenibilidad y 0 el más bajo. De esta manera, el sistema con el valor del indicador más alto se le asigna la escala de 1 y con esa referencia se obtiene el valor del otro sistema con la escala de 0 a 1. Por ejemplo, si en uno de los sistemas el valor mayor de la relación costo beneficio fue de 5.8 se le asigna la escala de 1 y si el otro sistema tiene una relación costo beneficio de 2.6, su valor en la escala será de 0.44. Fuera de su unidad original, todos los valores se adaptan a esta nueva escala para permitir integrar indicadores de diferente tipo o complejidad (Arnés et al., 2013).

De tal forma que la elección de indicadores aplicados a ambos sistemas de estudio nos permitió evaluar la sustentabilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales, con una visión interdisciplinaria que permite analizar, a través de indicadores y de forma integral, los sistemas de manejo en el ámbito social, económico y ambiental (Masera et al., 1999). Una vez reunidos los datos necesarios para cada indicador, se hizo un análisis multicriterio el cual se presentó con una gráfica tipo “amiba” (Bell y Morse, 2008).

7. Resultados

7.1 Hacienda San Diego Xochuca

1. Producción de pulque

La producción en la hacienda ha sido constante. De acuerdo con la información brindada por el dueño de la Hacienda, a mediados de la década de 1970 se tenía una producción aproximada de 5,000 L diarios y se abastecía a 32 pulquerías de la Ciudad de México, sin embargo, a inicios de la década de 1990 hubo una caída en la demanda de pulque y actualmente se producen en promedio aproximadamente 1,000 L diarios. Se tienen 30 ha de magueyeras intensivas y se abastece a tres pulquerías de la Ciudad de México («La Paloma Azul», «La Pirata» y «La Gloria»). En la Tabla 3 se describe el salario, horas de trabajo, herramientas y actividades realizadas por cada trabajador de la Hacienda.

Tabla 3. Descripción de los horarios, herramientas y actividades de los trabajadores

Personas	Horas de trabajo	Herramientas	Actividades
Encargado	Todos los días		Campo
	9am -5:30pm	Palas	Gestionar el aguamiel
Trabajador	Todos los días 4am - 7pm	Leña	Cocinar
		Pencas	Campo
Trabajador de campo	Todos los días menos el domingo	Pala Palas	Campo, plantar

	De 8am - 4pm	Hilo	
Tlachiquero	Todos los días	Raspador	
	6 am - 7pm	Acocote	Raspar
Tlachiquero	Todos los días	Burro	Recolectar aguamiel
	6am- 7pm	Castañas	

La producción de pulque es la principal actividad económica de la que se obtienen ingresos. El primer paso para la elaboración de pulque es la obtención de aguamiel, la cual lo realizan dos “tlachiqueros”. Estas personas trabajan todos los días en la mañana y tarde y su actividad consiste en “raspar” el maguey, sacar el aguamiel y llevarlo al “tinacal” donde se fermenta. Se trabajan aproximadamente 60 magueyes entre las dos personas y en un día aproximadamente se obtienen 140 L de aguamiel. Para el mantenimiento de los magueyes están dos trabajadores, el primero (Trabajador de campo) se encarga de podar el maguey, limpiar el terreno, arrancar, plantar y abonar el maguey; el otro trabajador, además de las actividades anteriores, realiza labores de cocina cuando es necesario. En la Figura 2 se muestra un diagrama de las actividades realizadas para la producción del pulque.

Posteriormente, una vez llevado el aguamiel al tinacal, hay un encargado de distribuir el aguamiel dependiendo de la calidad. Una parte es utilizada para su fermentación y elaboración del pulque, el aguamiel que llega con menor calidad se utiliza en el pulque que va de salida y el de mejor calidad es utilizado para elaborar el concentrado o también conocido como miel o miel de agave; en este proceso se utilizan 10 L de aguamiel y se obtiene 1 L de miel; la cantidad a producir no es constante, ya que depende de la demanda que tengan los diferentes productos y pedidos que se realicen. Después, el pulque que se va alimentando de aguamiel en el tinacal se utiliza para elaborar el destilado; en donde se trabaja en conjunto con una persona que cuenta con un alambique; en este proceso se utilizan 10 L de pulque para obtener 1 L de destilado; sin embargo, la hacienda se queda con ½ L de la producción. Finalmente, el pulque que se queda en el tinacal, una parte se comercializa en el lugar y otra parte se lleva a tres pulquerías de la Ciudad de México, este último paso es realizado sin intermediarios.

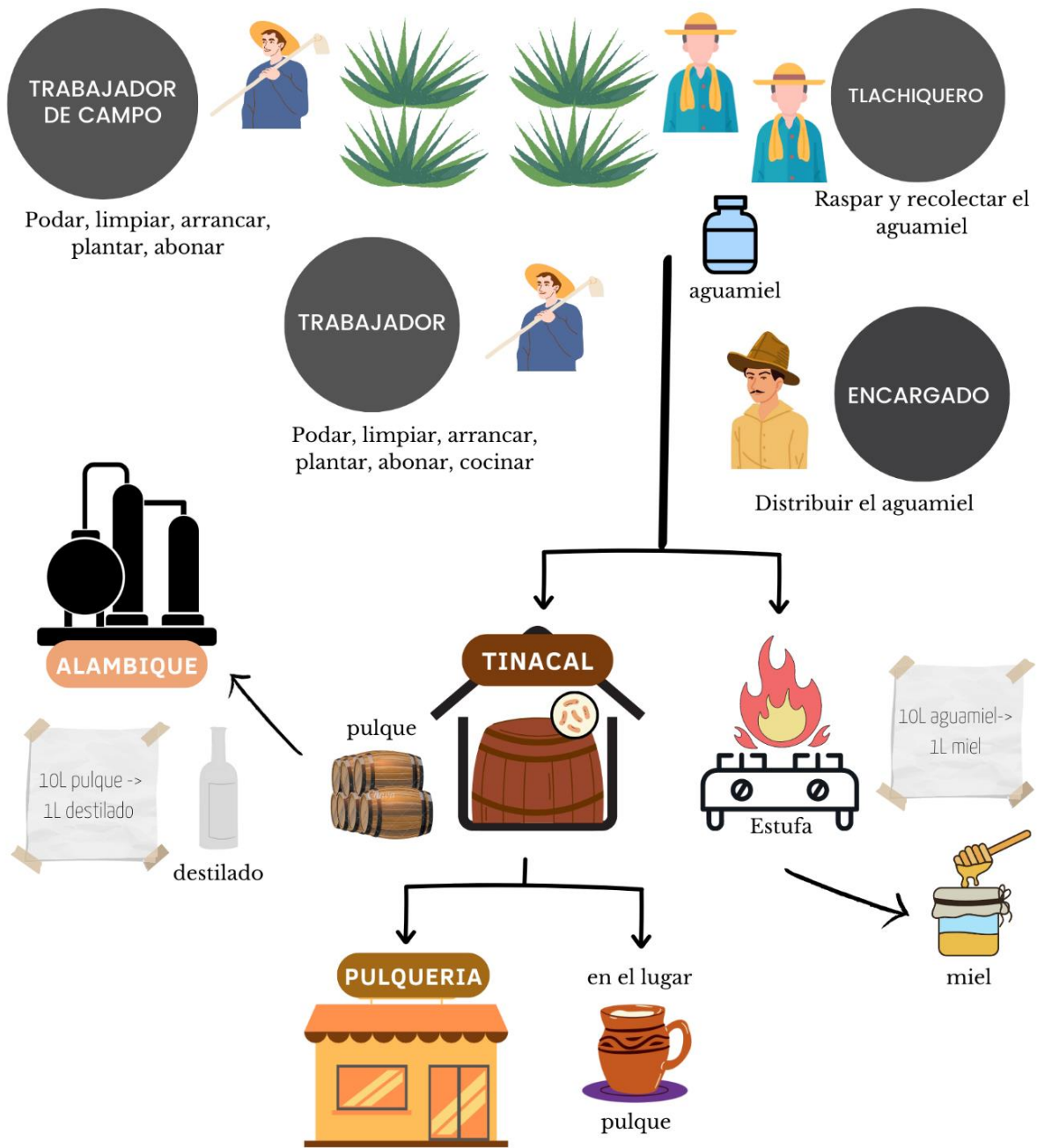


Figura 2. Diagrama de producción en la Hacienda Xochuca (Elaboración propia)

En la Tabla 4 se describen los insumos necesarios, cantidad de producción, precios y lugares de venta del pulque. Los encargados de las pulquerías compran el pulque a \$25 pesos el litro aproximadamente, en este precio ya se incluyen los costos de transporte. En la Tabla 5 se enlistan los principales costos semanales para la producción del pulque.

Tabla 4. Descripción de la ganancia por la producción de pulque

Pulque			
Insumos	Producción (L)	Precios	Lugares de venta
Planta	3,000L a la semana	25 \$/L ---> natural	- La paloma azul
Herramienta			- La pirata
Transporte			- La Gloria
Trabajadores			
	\$- semanal	75,000	

Tabla 5. Costos generados por la producción del pulque

Costos semanales para la producción de pulque			
	\$/ semanal		
Salarios	Encargado 1	1,500	
	Encargado 2	1,500	
	Campo	1,200	
	Tlachiadero 1	1,000 + 150 extra de aguamiel	
	Tlachiadero 2	1,000 + 150 extra de aguamiel	
	Transportista	600	
		TOTAL semanal	7,100
Herramientas		Costo \$	Disponibles
	Raspador	50	2
	Acocote	300	2
	Castañas	500	4
	Tinas	1,000	4
	Maquinaria	1,000 cada línea	
	TOTAL	X	Regularidad de compra

	Costo \$	Costo semanal \$	Regularidad de compra
Transporte	Gasolina	1,000 cada viaje	3,000
	Mecánico	3,000	57
	Seguro	10,000	192
	Tenencia	1,298	24
	Garraiones	300	X
	TOTAL semanal		3,273

Para estimar los costos de producción de pulque se descartaron los costos de herramientas o insumos que no tienen un impacto significativo como: el raspador, acocote, castañas y tinas. El costo final de producción a la semana es de \$10,373 pesos. Y la ganancia semanal neta es de \$75,000 pesos. Finalmente, la relación costo beneficio para la producción de pulque es de 7.2 y al ser un valor mayor a la unidad, la hace una actividad rentable.

2. Turismo

Los recorridos turísticos se implementaron a partir del año 2000. Actualmente, la temporada alta de visitas, coincide con la temporada de avistamiento de luciérnagas, la cual es durante los meses de junio, julio y agosto y se reciben de 100 a 150 personas cada fin de semana. El resto del año por lo regular llegan grupos de 20 a 40 personas cada fin de semana. La manera en que se promociona el turismo es mediante la página de turismo del estado de Tlaxcala y además se tiene contacto con varias operadoras turísticas. En la Tabla 6 se muestran los dos paquetes disponibles para los turistas.

Tabla 6. Descripción de los recorridos turísticos

Recorridos turísticos		
Precio	Duración	Descripción
\$130	1 hora con 30 minutos	Recorrido por la zona de magueyales, explicación del proceso de elaboración del pulque, desde la extracción del aguamiel, hasta el proceso de fermentación en el tinacal. Al final se ofrece tlacoyos y agua.

\$330	3 horas	Recorrido por la zona de magueyales, explicación del proceso de elaboración del pulque, desde la extracción del aguamiel, hasta el proceso de fermentación en el tinacal. Al final se ofrece una comida con cuatro tiempos de platillos típicos de la región.
-------	---------	---

La ganancia semanal de los recorridos turísticos en temporada alta llega a los \$33,000 pesos. En la Tabla 7 se describe de manera general los costos de inversión para los recorridos turísticos realizados en la temporada alta, dando un total de \$9,000 pesos a la semana. Por lo tanto la relación costo beneficio para el turismo es de 3.6.

Tabla 7. Costos asociados al turismo

Costo del turismo		
	Insumos	\$ semanal
Salarios	Cocinera	1000
	Ayudantes cocina	1000
	Meseros	5000
Comida	Gasto general	2000
	TOTAL	9,000

3. Renta de tierras para cultivo

En el año 2020 se comenzaron a rentar los terrenos para cultivos de maíz, cebada, haba y trigo. La renta de una hectárea de terreno para la siembra es de \$4,000. Se tienen aproximadamente 80 ha productivas divididas con líneas de magueyes. Por lo que en un año la ganancia monetaria es aproximadamente de \$320,000 pesos.

Finalmente, en la Tabla 8 se muestran los costos y ganancias semanales de las tres actividades y su relación costo/beneficio para las tres actividades realizadas en la Hacienda Xochuca. La producción de pulque es la actividad con mayor relación, para la renta de tierras para cultivo únicamente se obtienen las ganancias monetarias, ya que no se invierte en el terreno y, por

último, la llegada de turismo también tiene una relación mayor a la unidad, lo que la hace una actividad rentable.

Tabla 8. Relación costo-beneficio de las actividades realizadas en la Hacienda Xochuca

Actividades	Ganancias semanales	Costos semanales	C/B
Venta pulque	75,000	10,373	7.2
Turismo (temporada alta)	33,000	9,000	3.6
Cultivos	6,153	X	X
TOTAL	114,153	19,373	5.8

7.2 Rancho La Gaspareña

1. Producción de pulque

El rancho fue parte de una hacienda pulquera, sin embargo, durante el reparto agrario fue dividida y comprada por una familia, por lo que actualmente el dueño del lugar es la tercera generación que maneja el rancho. Tiene una extensión de 24 ha de las cuales 13 ha son dedicadas para el cultivo de maguey. Actualmente tiene una producción de 40L diarios de pulque, el producto únicamente se comercializa en el lugar. En la Tabla 9 se describe el salario, horas de trabajo, herramientas y actividades realizadas por el tlachiquero del rancho y el capador.

Tabla 9. Descripción de las actividades de los trabajadores

Personas	Salario	Horas de trabajo	Herramientas	Actividades
Tlachiquero	\$2,400 semana	Todos los días 5 am-5:30pm	Castañas Pala Hilo Raspador Acocote	Tlachiquero Campo

Capador	\$15 por unidad	4 veces al año	Cuchillo Barreta	Capar los magueyes
---------	-----------------	----------------	---------------------	--------------------

La principal actividad que se realiza es la obtención de aguamiel, para de ahí obtener diversos productos. Primero, para la obtención del aguamiel el tlachiquero raspa aproximadamente 60 magueyes, él trabaja todos los días por la mañana y tarde, obteniendo aproximadamente 150 a 200 L de aguamiel. Después de llevar el aguamiel al tinacal, el dueño del lugar lo divide para elaborar los demás productos. Una parte es destinada para el pulque, otra para elaborar el concentrado de aguamiel o “miel” en donde se utilizan 10 L de aguamiel para generar 1 L de miel. Con el pulque se elabora vinagre en donde para hacer 1 L de vinagre se utiliza 1 L de pulque. Y, por último, para la elaboración del destilado se utilizan 10 L de pulque y se obtiene 1 L de destilado. Todos los productos son realizados y gestionados por los dueños del lugar. Todos los productos son comercializados en el mismo Rancho y algunas veces bajo pedido. En la Figura 3 se muestra un diagrama de las actividades realizadas. Y en la Tabla 10 se muestran las ganancias por la venta del pulque y de las plantas de maguey.

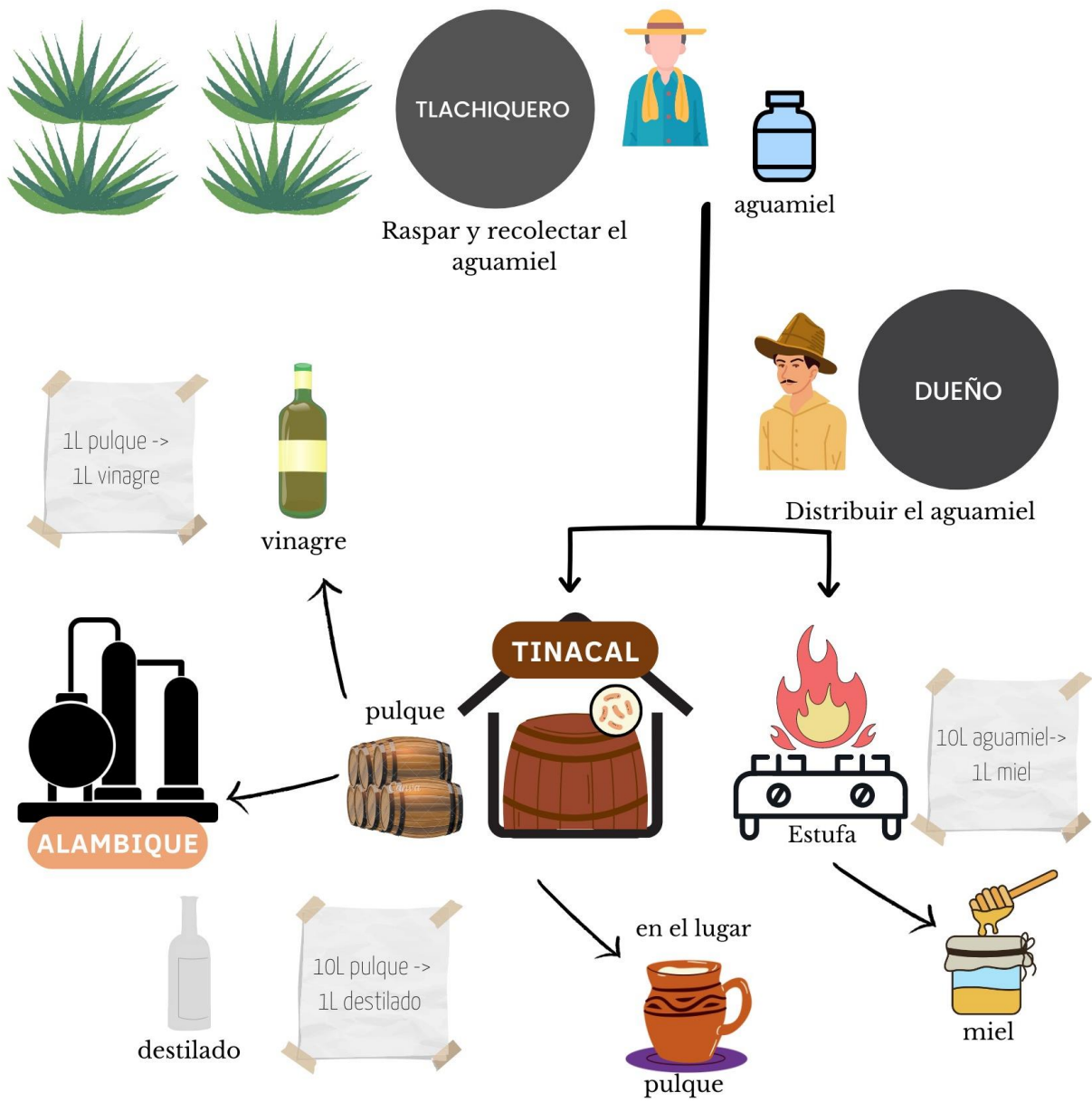


Figura 3. Diagrama de producción en el Rancho la Gaspareña (Elaboración propia)

Tabla 10. Descripción de las ganancias por venta de pulque y plantas de maguey

Insumos	Pulque			Maguey	
	Producción (L)	Venta	Precios	Venta	Precios
Planta				2,000 plantas al año	Promedio \$80/cu
Abono	280L a la semana	15 L/diario	30 \$/L ----> natural		
Herramienta					
Trabajadores					
	\$- semanal	\$ 3,150		3,077	TOTAL: \$6,227

En la Tabla 11 se describen los principales costos semanales para la producción de aguamiel. Al igual que en el caso anterior, para estimar los costos de producción de pulque se descartaron los costos de herramientas o insumos que no tienen un impacto significativo como: el raspador, acocote, castañas y tinas. El costo final de producción a la semana es de \$3,553 pesos. Y la ganancia semanal neta es de \$6,227 pesos. La relación costo beneficio para la producción de pulque es de 1.7.

Tabla 11. Descripción de los costos por la producción de pulque

Costos para la producción del pulque				
		Actividad	\$\$/ semana	
Salarios	Tlachiquero	Raspar	600	
		Campo	1800	
			TOTAL semanal	2,400
		Costo por unidad \$	Unidades disponibles	Regularidad de compra
Herramientas	Raspador	50	1	De por vida
	Acocote	500	1	De por vida
	Castañas	500	4	De por vida
	Tinas		1	De por vida
			TOTAL	X

	Costo \$		Costo anual
Abono para el maguey	Camión con abono	1,500\$ c/u	40 viajes al año 60,000 año
TOTAL semana			1,153

2. Productos derivados del aguamiel

Además del pulque también se fabrican productos obtenidos del aguamiel como el concentrado o “miel”, destilado y vinagre de pulque. En la Tabla 12 se describen los costos por el envasado de los productos. Y En la Tabla 13 se muestra la ganancia obtenida de estos productos.

Tabla 12. Descripción de los costos por envasado de los productos

Costo de envasado							
Destilado			Vinagre			Concentrado	
Botellas	Precio	Cantidad usada	Botellas	Precio	Cantidad usada		
0.75 L capacidad	30\$	15 unidades	4L capacidad	100\$	5 unidades	10 unidades	
			1L capacidad	40\$	5 unidades	10 unidades	TOTAL
Mes		450\$	Mes		700\$	1,400\$	2,550\$
Semana		103.8	Semana		161.5	323	588

Tabla 13. Ganancia obtenida de los productos derivados del aguamiel

Ganancia de productos				
Productos	Concentrado	Destilado	Vinagre	
Venta	50 L al mes	15 botellas al mes	25L al mes	
Precio	250 \$/L	280 \$/L	100 \$/L	
\$	12,500 mes	4,200 mes	2,500 mes	TOTAL
Semana	2,884	969	576	4,429

3. Cultivos

Dentro del rancho hay 4 ha dedicadas al cultivo de milpa, la mayor parte de los productos son consumidos por la familia y una parte es vendida. Sin embargo, en los últimos dos años debido a las condiciones climáticas, no se ha podido sembrar. De las 4 ha disponibles comúnmente se siembra avena en dos hectáreas, y en las otras dos hectáreas se siembra maíz en forma de milpa, con haba y calabaza como base. En la Tabla 14 se muestra la producción, ganancia y costos de los cultivos, suponiendo que todo el producto se vende y con condiciones favorables.

Tabla 14. Gancia y costos de los cultivos

	Ganancia de cultivos			Costos	
	Maíz	Avena	Zacate	Maíz	Avena
Producción	2,000 kg	400 pacas	400 pacas	Cuartillo 20-50\$	9,300 \$/ha año
Precio	12 \$/kg	100 \$/paca	60\$/paca	3,000\$- 1ha 6,000- 2ha	
Ganancia anual	24,000 \$	40,000\$	24,000	TOTAL	24,600 año
Semana	461	769	461		

De manera general en la Tabla 15 se muestran los costos y ganancias de las tres actividades y su relación costo/beneficio. La mayor relación corresponde a la producción del destilado de pulque, seguido del concentrado de aguamiel, y la actividad con menor relación es la venta de pulque.

Tabla 15. Relación costo-beneficio de las actividades realizadas en el Rancho la Gaspareña

Actividades		Ganancias semanales	Costos semanales	C/B
Pulque		6,227	3,553	1.7
Derivados del aguamiel	Concentrado	2,884	323	8.9
	Destilado	969	103	9.4

Vinagre	576	161	3.5
Cultivos maíz, avena y zacate	1,691	473	3.5
TOTAL	12,347	4,614	2.6

7.3 Motivaciones

7.3.1 Motivaciones culturales

En ambos sitios de estudio se encontró que las mayores menciones se engloban en los motivos <personales>. En ellos mencionan aspectos que los han alentado a seguir en el lugar, por ejemplo, que han desarrollado un gusto por el trabajo de campo, al ser una actividad que han realizado por muchos años. En la Tabla 16 se muestran algunos ejemplos de las menciones para cada código utilizado. El siguiente aspecto más mencionado en ambos sitios, son los motivos <familiares>, en ellos las personas relacionan el cultivo de maguey con una práctica que se realiza desde hace muchas generaciones dentro de su propia familia y cómo los abuelos y papás han ido transmitiendo sus conocimientos sobre el manejo del maguey y por lo tanto el gusto por la planta y el pulque. En la Gráfica 1 y 2 se puede observar el número de menciones para la parte de motivos culturales de la Hacienda Xochuca y el Rancho la Gaspareña respectivamente

Tabla 16. Ejemplo de la clasificación de cada código utilizado

Tema	Código	Ejemplos	
Cultural	Motivaciones	Personal	“a mí me gusta porque desde chico he trabajado en el campo” “me gusta trabajar aquí, me gusta mucho el campo”
		Desmotivación	“se está perdiendo el interés por trabajar en el campo” “ya no hay gente que quiera raspar”
		Familia	“yo lo aprendí porque mi papá también fue tlachiquero” “mi abuelito se dedicaba también a raspar magueyes y tenía su tinacal y él elaboraba pulque”
		Historia	“por ver el descenso en producción y venta de pulque pues fue cuando empezamos a ver qué podíamos hacer para tratar otra vez de rescatar este negocio”

Ambiental Parámetros ambientales percibidos	Magüey positivo	“el magüey protege a los cultivos, le ayuda a que no se vayan erosionando los suelos” “cuando llueve le guarda mucha humedad”
	Magüey negativo	“el pulque a veces se vendía a veces no y lo pagaban muy barato” “la gente está muy decepcionada con las personas que se roban el mixiote”
	Cambio en el paisaje	“casi no llueve, antes en este de tiempo ya había milpas” “anteriormente había mucho magüey”
	Flora silvestre	“subimos al cerro y encontramos muchas plantitas más en la época de lluvias mucha variedad”
	Fauna silvestre	“viene más el tlacuache, el cacomixtle” “lo dejamos para que los animalitos puedan venir y tener qué comer”
	Agrobiodiversidad	“la intención es que haya esa rotación de cultivos para que las tierras no vayan perdiendo sus nutrientes” “se hace lo que es la milpa, haba calabaza frijol”
	Plagas	“ahorita lo que sí nos ha acabado es el pasto, se le mete al magüey y lo seca mucho”

Se puede observar que para el caso del Rancho la Gaspareña otro aspecto que también resalta es el de <desmotivación>. En este caso se menciona una pérdida de interés por el trabajo en campo y mencionan que el trabajo de ser tlachiquero puede ser mal visto por algunas personas; debido a que al ser una bebida alcohólica se le relacionaba con personas de bajos ingresos y también tenía una connotación negativa el consumo de alcohol. Igualmente se menciona que por problemas económicos deben de buscar trabajos secundarios para solventar los gastos de sus familias. Así lo menciona el dueño de la Gaspareña:

“yo tengo que trabajar en el pueblo para generar más recursos, porque hay veces que con lo de aquí no es suficiente”

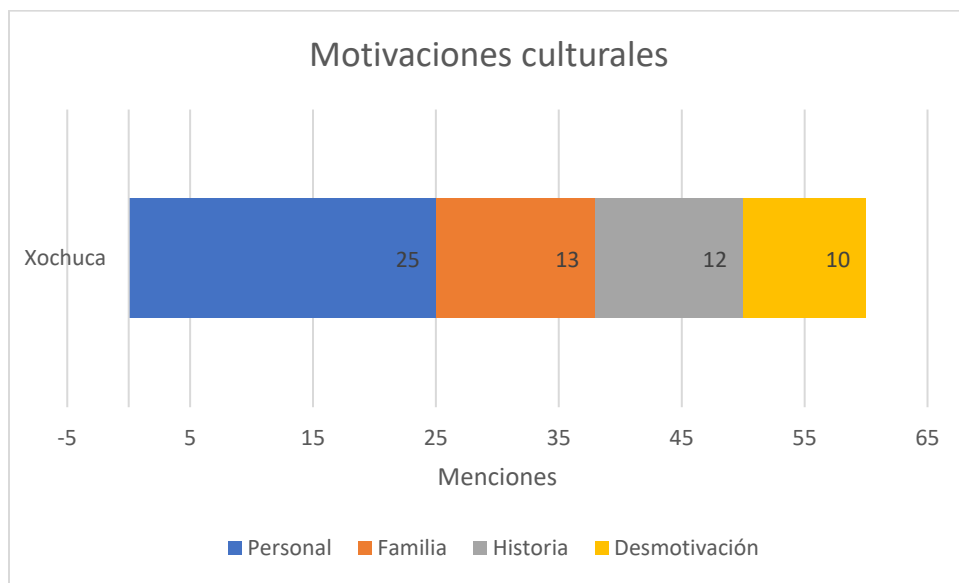
Al igual que en la Hacienda, en el Rancho se menciona que el trabajo de tlachiquero era mal visto por las personas:

“los tlachiqueros están desapareciendo, no hay gente que quiera raspar”

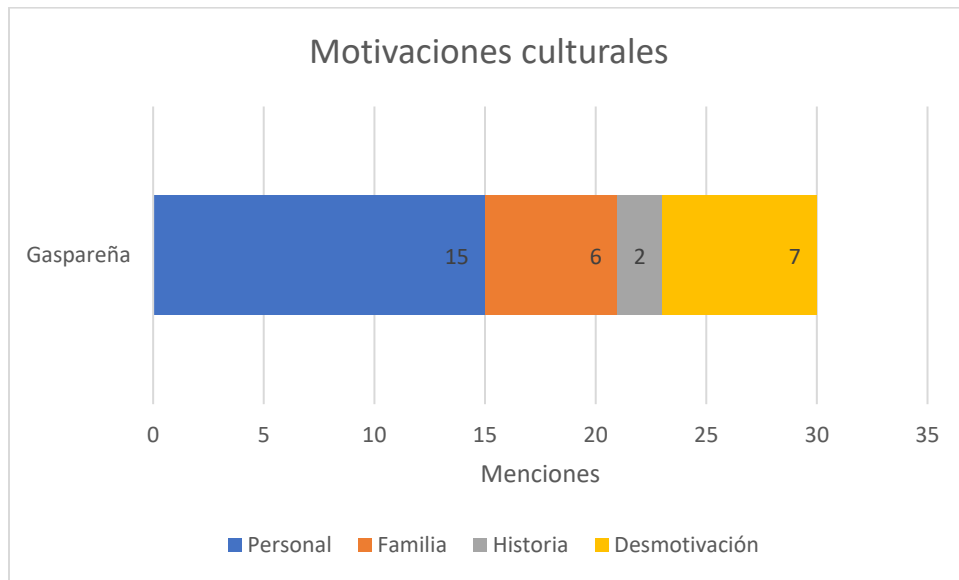
Para la Hacienda Xochuca están los <motivos históricos>, los cuales hacen referencia a que la actividad que realizan ha ido modificándose por diversos acontecimientos, que van desde el descenso en la producción en épocas pasadas hasta la pandemia, lo cual son situaciones que les han dado la oportunidad de generar nuevas alternativas para no abandonar el sistema de producción e innovar en otros aspectos; así lo menciona el dueño del lugar:

“preocupados por la situación y por ver el descenso en producción en venta de pulque, fue cuando empezamos a ver qué podíamos hacer para tratar otra vez de rescatar este negocio y fue cuando empezamos a hacer los recorridos para que la gente conociera todo el proceso...hasta otra vez antes de la pandemia, se tuvo también otro obstáculo que, también nos hizo encontrar nuevas alternativas, todas han surgido con el paso del tiempo...nos adaptamos a las circunstancias”

Gráfica 1. Menciones relacionadas con aspectos de motivaciones culturales en la Hacienda Xochuca



Gráfica 2. Menciones relacionadas con aspectos de motivaciones culturales en el Rancho la Gaspareña



7.3.2 Parámetros ambientales percibidos

En cuanto a los parámetros ambientales percibidos encontramos una amplia gama de respuestas. En la Gráfica 3 y 4 se puede observar el número de menciones para la parte de los parámetros ambientales percibidos en cada sitio. El aspecto con más respuestas recurrentes en la Hacienda Xochuca corresponde a los beneficios de tener plantaciones de maguey <beneficios maguey>. Se menciona que es una planta que no necesita mucha agua y tiene retención de humedad, que ayuda a cubrir otros cultivos del viento, junto con una menor erosión de los suelos en donde se ubican las plantaciones de maguey, comparado con lugares donde no las hay; así lo mencionan algunos trabajadores:

“todo ese bordo que usted voltea tiene mucho abono de mezote y todo lo que se pudre ahí, luego se nota cuando la cosecha se pone buenísima ahí por los bordos esos”

“el maguey protege a los cultivos, le ayuda a que no se vayan erosionando los suelos porque el maguey es una barrera natural, una cortina natural que cuando llega el viento, o hay mucha lluvia, pues el maguey retiene suelos, retiene la humedad, entonces eso le ayuda a los cultivos”

En el caso del Rancho la Gaspareña los parámetros que más recurrentes fueron dos, uno sobre el <*cambio en el paisaje*> el cual hace referencia a que generaciones anteriores notaban mayor cantidad de magueyes y que actualmente ya no se raspan con la misma intensidad de antes; así lo menciona un Tlachiquero:

“ya no los raspan, los dejan que se salten, porque no hay quien lo raspe”

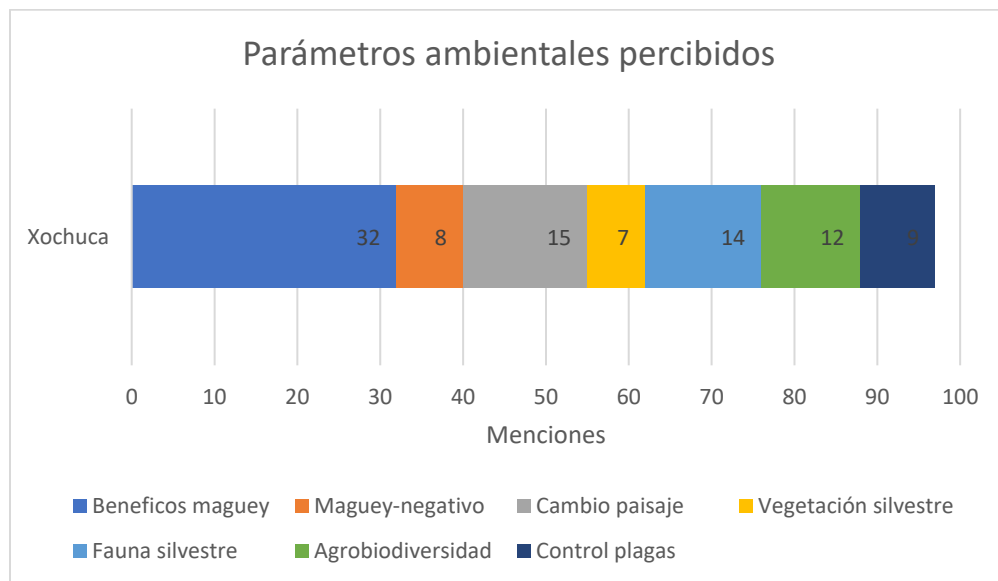
También en la Hacienda se menciona que antes había más magueyes, más animales silvestres y actualmente han notado pérdida de fertilidad de los suelos. El otro tema con notable frecuencia fue el de los beneficios que perciben de tener <*agrobiodiversidad*> en sus cultivos. En este caso se mencionan las diferentes formas de aprovechar los productos obtenidos de los diversos cultivos del sistema, como el maíz o la avena que pueden llegar a venderse o consumirse en el lugar. En la Hacienda los trabajadores hacen referencia al robo de la cutícula del maguey o mixiote y de los quiotes para la venta de su flor conocida como “gualumbos”, esta situación la catalogan de forma negativa <*maguey-negativo*>, ya que han invertido tiempo y esfuerzo en los cuidados de la planta, así lo menciona un trabajador:

“da coraje porque uno sabe todo el trabajo que se va haciendo desde que plantas el maguey, todo lo que se va haciendo para que ellos en 10 minutos ya se roben un maguey”

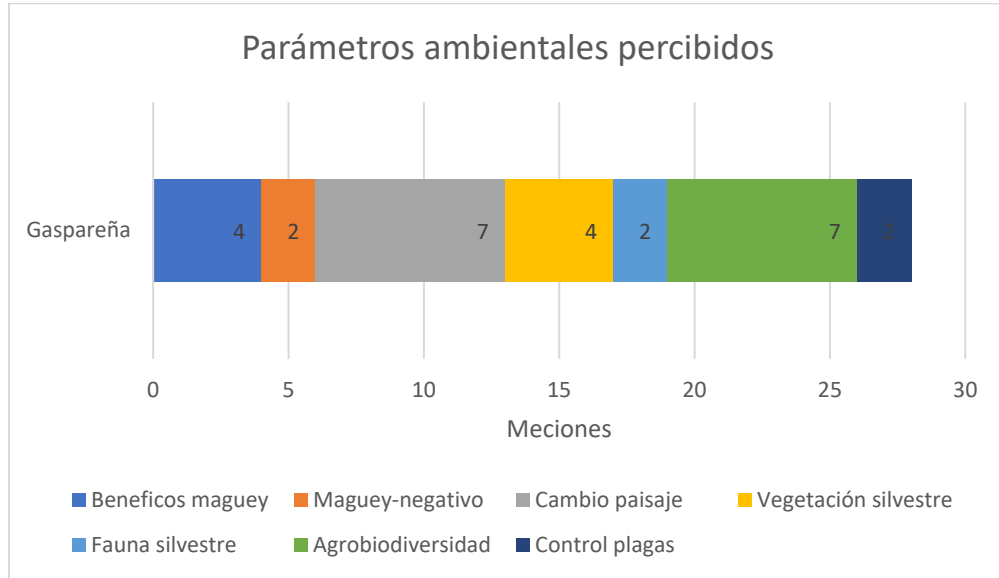
Otro aspecto que se menciona es la presencia de vegetación silvestre, la cual en el Rancho tiene más menciones sobre todo para obtener recursos alimentarios. En la Hacienda, al ser un lugar

con una extensión mayor, ellos mencionan mayormente la fauna silvestre a comparación de la flora; se menciona la presencia de algunos animales como tlacuache, zorrillo, conejos, cacomixtle, armadillo, víbora, conejo, ardilla, ratas y lagartijas. En cuanto al control de plagas, en ambos lugares las menciones son pocas, ya que únicamente se habla sobre el pasto como una plaga que podría llegar a afectar a los magueyes, sin embargo, en la región no es considerado un problema grave, ya que es bastante controlable.

Gráfica 3. Menciones relacionadas con los parámetros ambientales percibidos en la Hacienda Xochuca



Gráfica 4. Menciones relacionadas con los parámetros ambientales percibidos en el Rancho la Gaspareña



7.3.3 Motivaciones entre dueños y trabajadores

Analizando las narrativas entre los dueños y trabajadores de cada lugar, podemos destacar que para la Hacienda Xochuca los motivos mencionados con mayor frecuencia en los trabajadores, corresponden a los <personales>, el cual hace referencia a un gusto personal por los cultivos de maguey y como dentro de sus familias también han ido desarrollándose en el mismo trabajo, así lo menciona uno de los trabajadores:

“aquí nosotros desde niños. Mis abuelos, mis papás aquí han trabajado, ven que de chiquitos los andan trayendo a uno”

En contraste con los dueños, encontramos que los motivos con mayor frecuencia de menciones corresponden a motivos de <historia>. En este caso, como se ha mencionado anteriormente se refiere a los retos que han tenido que enfrentar a lo largo del tiempo y como han logrado rescatar la producción y resistir a situaciones adversas.

Las menciones entre dueños y trabajador para el caso del Rancho la Gaspareña, destacó que, para ambos, los motivos principales hacen referencia a un trabajo más cercano a los magueyes y el pulque <personales>. Igualmente se nota una relación más estrecha con la parte silvestre del sitio y la utilidad de contar con policultivos para tener un sistema más eficiente. Así lo menciona el dueño del Rancho:

“a mí me gusta el trabajar directamente con la planta...veo que el maguey puede dar una alternativa a esta situación que se está dando, porque hacen un bien ecológico y aparte cuando llega a su etapa final te da todavía esa posibilidad de un centavo aparte.”

Al tener una relación más estrecha con las plantas y cultivos, los trabajadores mencionan los motivos por los cuales tienen un sentido de pertenencia, además de que reconocen la importancia de los ecosistemas y de manejar los policultivos. Por otro lado, los dueños también reconocen la importancia de la diversidad, de productos y cultivos, ya que de esta manera pueden contar con productos alternativos para comercializar y tener así un sistema activo y eficiente económicamente. Sin embargo, parte importante corresponde a menciones de <desmotivación> que como ya se mencionó anterior mente hace referencia a una pérdida de interés por el trabajo en campo y en específico del trabajo con el maguey.

7.4 Evaluación de los sistemas productivos

La Gráfica 7 tipo “amiba” se realizó de acuerdo con los indicadores elegidos tomando en cuenta el Marco para la Evaluación de Sistemas Naturales (MESMIS) descritos en la Tabla 17. En la gráfica se puede observar el comportamiento de cada sistema productivo con la finalidad de evaluar la sustentabilidad de los sistemas de manejo. El sistema de la Hacienda Xochuca aparece con mejores niveles en ciertos indicadores y atributos de sustentabilidad, los cuales son, la relación costo beneficio el cual indica la rentabilidad del sistema, el mayor porcentaje del ingreso total obtenido que corresponde a la producción del pulque, la cual es la principal actividad en ambos lugares, el número de especies vegetales es mayor, cuenta con más beneficiarios en el sistema lo que indica la capacidad del sistema de distribuir de manera justa los costos y beneficios . Por

último, cuenta con mayor capacitación y generación de conocimientos entre los trabajadores, lo cual los puede encaminar a aumentar las posibilidades de innovación y adaptación a cambios.

El sistema del Rancho la Gaspareña aparece con un mejor valor en un indicador, mayor número de prácticas, lo cual representa el uso de conocimientos. Los atributos en los que ambos sistemas tienen el mismo nivel son en la variedad de cultivos, por lo que les brinda mayor posibilidad de comercialización y estabilidad económica, ninguno cuenta con incidencia de plagas, lo cual habla de un buen manejo de su sistema y poca fragilidad; por último, ambos cuentan con capacitación externa del sistema lo cual puede hacer que tengan adaptabilidad por tener la capacidad de buscar nuevas estrategias de producción. Este análisis puede ayudar a mejorar las posibilidades de éxito para la sustentabilidad del sistema y al mismo tiempo entender las limitantes que enfrentan.

Grafica 7. Evaluación de dos sistemas de producción de pulque, Hacienda Xochuca y Rancho la Gaspareña

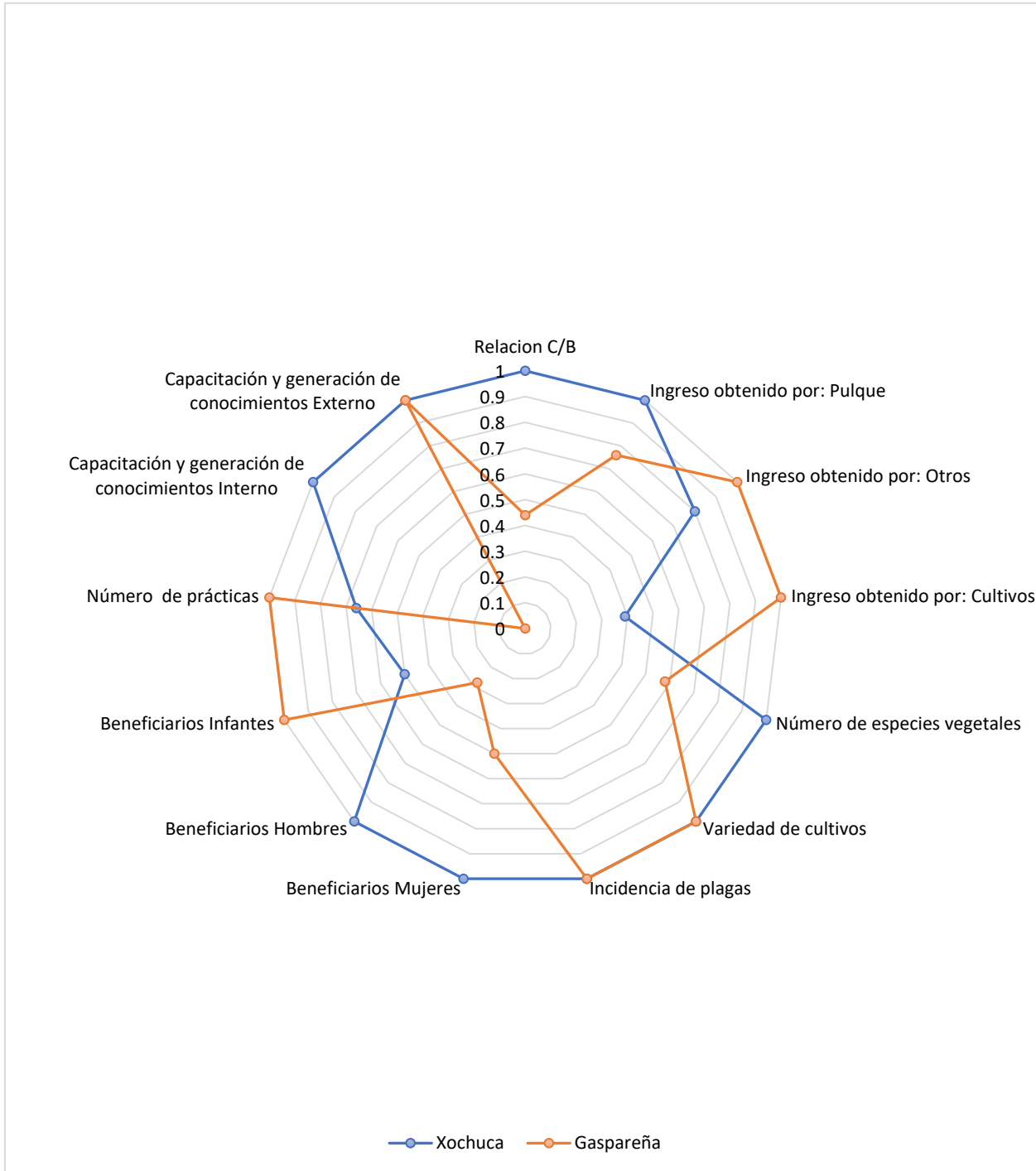


Tabla 17. Indicadores utilizados en la evaluación de dos sistemas de producción de pulque, Hacienda Xochuca y Rancho la Gaspareña

Área de evaluación	Atributo	Criterio de diagnóstico	Indicadores	Hacienda Xochuca			Rancho Gaspareña		
				Valor	Valor del indicador escala 1		Valor	Valor del indicador escala 1	
Económico	Productividad	Eficiencia	Relación Beneficio Costo	Total	5.8	1	Total	2.6	0.44
	Estabilidad; resiliencia; confiabilidad	Diversificación de actividades productivas	Porcentaje del ingreso total obtenido por diferentes productos del sistema	Pulque	65.70%	1	Pulque	50.43%	0.76
				Turismo	28.90%	0.8	Derivados	35.85%	1
				Cultivos	5.39%	0.39	Cultivo	13.69%	1
Ambiental	Estabilidad; resiliencia; confiabilidad	Diversidad en el tiempo y en el espacio	Número de especies vegetales	24	1		14	0.58	
			Variedad de cultivos	5	1		5	1	
			Fragilidad del sistema	Incidenca de plagas	no	1		no	1
Social	Equidad	Distribución de costos y beneficios	Beneficiarios del sistema	Mujeres	2	1	Mujeres	1	0.5
				Hombres	7	1	Hombres	2	0.28
				Infantes	1	0.5	Infantes	3	1
	Autodependencia	Control	Uso de conocimientos	#Prácticas	10	0.66	#Prácticas	15	1
	Adaptabilidad	Capacidad de cambio e innovación	Capacitación y generación de conocimientos		Interno (entre trabajadores)	si	1	Interno (entre trabajadores)	no
Externo					si	1	Externo	si	1

8. Discusión

En cuanto a los beneficios económicos y ambientales de los sistemas analizados, aun cuando los cultivos de agave fueron sistemas que tenían una gran ganancia económica gracias a la producción de pulque, la desaparición de los agaves como principal sistema de producción, se debió a diversas situaciones tanto políticas, como económicas y sociales. Entre ellas están restricciones económicas y sociales de las regiones pulqueras que han conducido a los productores a buscar nuevas alternativas de subsistencia, a la longevidad del ciclo biológico de las plantas, la disminución del consumo de pulque, debido a la subvaloración de la bebida por otras fermentadas y la falta de tecnología en la industrialización del pulque (Álvarez-Duarte et al., 2018). Estos acontecimientos provocaron una afectación a la agroindustria pulquera; pasando a ser una actividad económica secundaria. A pesar de esta disminución del cultivo del agave para producción de pulque, aún podemos encontrar en el centro de México sistemas agroforestales, en los que también se cultiva cebada, avena, trigo, maíz o frijol en conjunto con los agaves, sin dejar de lado la vegetación silvestre adyacente. Y además para algunas familias productoras el manejo de magueyes pulqueros es una actividad vigente de gran importancia económica (Álvarez-Ríos et al., 2020a).

Con ayuda del análisis costo-beneficio se puede tener una estimación del valor económico de productos que comúnmente son infravalorados, ya que al estimar su valor económico puede ayudar a determinar los ingresos reales (Delang, 2006); por lo que se espera que la valoración económica y monetaria capte gran parte de la importancia cultural resultado de la gestión de los ecosistemas (Wright y Eppink, 2016; Kumar, 2011). A pesar de que el análisis costo-beneficio nos permite determinar el beneficio neto de una actividad indicando la rentabilidad de un proyecto (Kumar, 2011) y, además, este nos indica si un sistema será viable siempre y cuando la relación sea mayor que la unidad; es conveniente no quedarnos únicamente con este resultado, sino emplearlo como un elemento más necesario para complementar el análisis de los sistemas.

Obtuvimos que la relación costo-beneficio de la Hacienda y Rancho fueron mayor a la unidad (5.8 y 2.6 respectivamente) por lo que son sistemas rentables y eficientes. En un estudio realizado en Tlaxcala se evaluó un sistema agroforestal compuesto por árboles, arbustos y cultivos, en donde

se incluyó una evaluación financiera utilizando la relación costo-beneficio; en las parcelas estudiadas establecieron valores que van desde 2.3 a 7.1 por lo que concluyen que el sistema agroforestal es rentable a partir del quinto año, tiempo en que los árboles de durazno estarán en plena producción (Magdaleno-Miranda et al., 2005). En ambos casos, comparados con nuestros sitios de estudio podemos resaltar que la variedad en la producción, es decir la presencia de policultivos hace que los sistemas sean sostenibles y tengan una buena rentabilidad. Para el caso de la Hacienda tenemos un valor mayor en su relación costo-beneficio, esto puede ser debido a que es un sistema más grande en extensión, con más integrantes y por lo tanto más producción y comercialización. Ambos sistemas analizados tienen buena rentabilidad por contar con policultivos, ya que se ha documentado que los sistemas agroforestales pueden aportar beneficios a la economía de los hogares a través de prácticas complementarias asociadas al uso múltiple de recursos y servicios ambientales (Vallejo et al., 2019).

En cuanto a los productos derivados del aguamiel, en el Rancho la Gaspareña es la actividad que tiene la mejor rentabilidad con un valor de 9.4 para el destilado de pulque, 8.9 para la miel y 3.5 para el vinagre. Narváez et al. (2016) mencionan que el maguey es una planta de la cual se pueden aprovechar todas sus partes y los productos que tienen mayor valor agregado son la miel, el destilado, dulces, gusano rojo y fibras; por lo que mencionan que el cultivo de maguey es una práctica que si se aprovecha de manera integral puede contribuir a detonar el desarrollo sustentable de las comunidades.

A pesar de que en ambos lugares la actividad principal es la elaboración y venta del pulque, podemos ver claras diferencias entre los dos. Para el caso de la Hacienda Xochuca la actividad con mejor rentabilidad es la producción de pulque con un valor de 7.2, comparado con la Gaspareña de 1.7. Esto puede ser debido a que la Hacienda cuenta con mayor superficie de cultivo y con un mercado más amplio para la comercialización del pulque, mayor número de trabajadores por lo tanto mayor producción; ya que al tener más integrantes habrá mayor capacidad de trabajo y al haber más superficie les permite tener más diversidad en los productos (Rodríguez-Robayo et al., 2021). Así mismo gracias al turismo y la renta de tierras pueden tener un ingreso extra que les permite tener más estabilidad económica. Es importante notar que en la Gaspareña la forma de comercializar los productos se engloba a un círculo más local, ya que depende únicamente de las

personas que llegan al lugar de las comunidades aledañas. Sin embargo, para la Hacienda Xochucha al tener pulquerías propias en la Ciudad de México se evitan intermediarios, lo cual les puede permitir tener un mayor margen de ganancia.

En el Rancho la actividad con mayor ganancia es la venta de destilado y miel, siendo de los productos con mayor valor agregado (Narváez et al., 2016), sin embargo, son productos que dependen de la producción de pulque, por lo que como actividad secundaria están los cultivos que les ayuda a tener productos extras para venta o consumo propio y así solventar los gastos del lugar. Igualmente, están documentados los múltiples usos del agave que van desde fibras, alimento, bebidas como el aguamiel, pulque, medicina, construcción de casas y cercas vivas (Álvarez-Ríos et al., 2020a; Colunga-GarcíaMarín et al., 2017). También se han documentado otros usos derivados de la planta, como jarabe o miel de aguamiel, atole de aguamiel, gusanos, destilado de pulque, mixiote, entre otros (Ramírez-Manzano et al., 2020).

En ambos lugares vemos una relación costo-beneficio mayor a la unidad, sin embargo, para los trabajadores la situación económica es diferente y mencionan que deben tener un empleo secundario para poder solventar los gastos familiares. Además, se ha notado que con el tiempo se ha ido perdiendo el interés por el trabajo en campo y en especial de los Tlachiqueros, entre los más jóvenes, debido a que es una actividad demandante y aún no es bien remunerada. Como lo reportan en una investigación realizada por Juárez et al. (2014) en comunidades del Valle de México, entre ellas Singuilucan, lugar donde se ubica el Rancho la Gaspareña, encontraron algunos factores más frecuentes que desmotivan a agricultores para cultivar maguey, entre ellos está que los jóvenes ya no quieren trabajar en el campo; además encontraron que el robo del mixiote, el tiempo de cultivo del maguey y el bajo precio del pulque son las principales situaciones que desmotivan a los productores a continuar con el cultivo de maguey. En nuestra investigación igualmente resaltan estas situaciones como desmotivaciones, tanto en los trabajadores como en los dueños, que los desalientan a seguir con el sistema de producción. Igualmente, en ambos sitios analizados se menciona el robo de mixiote como otro aspecto negativo mencionado. Álvarez-Duarte et al. (2018) mencionan en una de sus investigaciones realizadas en Puebla y Tlaxcala que el maguey pulquero enfrenta una escasez de plantas y entre los factores más

comunes son el robo de mixiotes, desinterés por la bebida, el desplazamiento del maguey por otros cultivos y la longevidad del ciclo de producción de la planta ya que al menos hay que esperar mínimo ocho años para su madurez.

Finalmente, el valor monetario obtenido sólo considera aspectos tangibles y con un mercado dentro del sistema económico del país. Sin embargo, es importante notar que pueden existir productos que comúnmente no tienen un valor económico justo a pesar de ser productos que sus cultivos pueden brindar otros beneficios ambientales. En el caso del maguey para la producción de pulque, ha sido un trabajo que no ha sido bien remunerado, considerando que el cultivo del maguey, especialmente para la producción de pulque, es desafiante debido a las situaciones anteriormente mencionadas.

En cuanto a los motivos de los manejadores hacia la permanencia de los cultivos de agave, el estudio de las percepciones ambientales fue de gran ayuda para poder visualizar el otro lado de la valoración; con ello podemos resaltar algunos aspectos. Inicialmente, tanto dueños como trabajadores han notado los beneficios que otorgan los policultivos y en específico en asociación con los agaves. También están presentes muchos conocimientos locales sobre el uso y manejo de los recursos, así como una memoria cultural que se ha ido heredando entre generaciones; Nazarea (2006) menciona que estos dos aspectos de los conocimientos locales y la memoria cultural son cruciales para la conservación de la biodiversidad porque sirven como depósitos que mantienen la diversidad biológica y cultural.

Posteriormente, podemos notar en los dueños del sistema, especialmente en la Hacienda Xochuca, que uno de los principales motivos de permanencia es en relación con poder sostener las ventas de sus productos para lo cual han tenido que innovar y buscar otras opciones de comercialización y producción; en relación con esto Pingarroni et al. (2022) mencionan que las razones asociadas a la importancia de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad están relacionadas con tener suficientes alimentos nutritivos y apoyo económico vinculado a los servicios agrícolas.

Para ambos sitios, la importancia de recibir turismo (Xochuca) y clientes (Gaspareña) fueron mencionados por su papel primordial en dar a conocer la planta y el proceso de producción del pulque, mencionan que es una manera de poderle dar un valor más justo a su trabajo; lo cual tiene relación con servicios culturales que igualmente están documentados por su importancia para mantener la cohesión familiar. En el estudio de Pingarroni et al. (2022) mencionan que, el ecoturismo es significativo para obtener apoyo económico. Además, en un estudio realizado en la Amazonia oriental sobre la percepción de las contribuciones de la naturaleza a las personas, encontraron que los beneficios comúnmente mencionados se refieren a la subsistencia y la calidad de vida; por otro lado, los problemas más citados fueron los de degradación ambiental. Asimismo, mencionan que tener oportunidades recreativas y vivir cerca de la naturaleza contribuye a una percepción positiva de la misma (Brito et al.,2020).

Otro aspecto presente en ambos sistemas es la importancia de mantener los policultivos, las personas mencionan su importancia ecológica, como menor erosión de los suelos, circulación de nutrientes y la presencia de vegetación y animales silvestres. La estrategia de minimizar los riesgos conservando los suelos, recolectando agua y plantando varias especies de plantas y variedades de cultivos, estabiliza los rendimientos a largo plazo y maximiza los beneficios incluso con bajos niveles de tecnología, recursos limitados y estrés hídrico (Altieri y Toledo, 2005). Estos aspectos se pueden observar de forma diferente en dueños y trabajadores. Para los dueños una mayor diversidad de productos les brinda mayor margen para obtener ganancias económicas y a su vez los beneficios que otorgan los magueyes les ayudan a tener mejor calidad en los cultivos. Por otro lado, los trabajadores al estar en contacto más directo con el cultivo especialmente notan estos beneficios ecológicos. Lo cual tiene relación con valores intrínsecos, los cuales se refieren al valor de los ecosistemas por sí mismos y, a menudo se representan como deberes morales.

En un estudio realizado por Arias- Arévalo et al. (2017) mencionan que las preocupaciones hacia plantas y animales (valor intrínseco), la salud y calidad de vida (valor relacional) y el valor económico (valor instrumental) son los múltiples valores que las personas pueden expresar para el mismo ecosistema; lo cual ocurre de la misma forma en nuestros sistemas de estudio, ya que los entrevistados expresan que la vegetación y fauna silvestre aledaña a los sistemas productivos

es importante para la naturaleza y además para tener recursos alimenticios disponibles, por lo tanto se integran la variedad de valores, necesarios para la valoración ambiental. Perfecto y Vandermeer (2008) mencionan que los paisajes agrícolas deberían ser un componente esencial de cualquier estrategia de conservación ya que representan no solo un hábitat para la biodiversidad, sino también una matriz de alta calidad que permite el movimiento de organismos del bosque entre parches de vegetación natural.

Uno de los aspectos que nos planteamos al inicio de la investigación era ¿por qué se han mantenido los sistemas agroforestales? Nuestra investigación muestra que algunos de los motivos están impulsados por preocupaciones sobre los medios de subsistencia y la forma en que las personas han buscado soluciones para mantener el sistema y seguir obteniendo ganancias económicas; enfrentándose a situaciones como la baja en la demanda del pulque, el bajo precio que tiene actualmente, la falta de interés en las nuevas generaciones por la bebida, o la necesidad de buscar un trabajo secundario. Sin embargo, el pulque y sus derivados tienen un mercado establecido y continúan teniendo demanda a nivel nacional e internacional; por lo que la venta de sus productos genera suficientes ingresos a los productores. Además, otro factor importante es su valor como atracción cultural generando ingresos adicionales y promoviendo el interés en la conservación de los sistemas agroforestales; debido a que el cultivo de agave tiene una larga historia es considerado parte de su identidad cultural.

Notamos que las personas han mostrado que la naturaleza posee un valor por sí mismo y vemos un interés por mantener la diversidad de los cultivos, realizando prácticas que mantienen la dinámica de los ecosistemas, así como la conservación de vegetación y fauna silvestre aledaña a sus cultivos. Un ejemplo de este tipo de prácticas son los cultivos tradicionales de producción de café, los cuales involucran la plantación de arbustos de café bajo un dosel de árboles de la selva tropical, estos sistemas agroforestales ayudan a tener ingresos del café y de los árboles; además de tener un mejor control de plagas y además mejor calidad del grano de café (Donald, 2004). Está documentado que el establecimiento de más de un cultivo dentro de una misma parcela, permite obtener diferentes arreglos de siembra, incrementa la biodiversidad y permite obtener servicios tales como la circulación de nutrientes, regulación del microclima y de los

procesos hidrológicos locales, eliminación de químicos nocivos y regulación de la abundancia de organismos indeseables (Magdaleno-Miranda et al., 2005) los cuales son aspectos que están presentes en el discurso tanto de los dueños como de los trabajadores de ambos sistemas.

Otro aspecto fundamental que tenemos que rescatar es el conocimiento local generado por los manejadores para la conservación de la diversidad, ya que son prácticas creadas bajo principios agroecológicos basados en la agricultura tradicional, representando sistemas agrícolas exitosos. Los conocimientos ecológicos tradicionales asociados a los sistemas agroforestales sintetizan miles de años de experiencia en el manejo de la biodiversidad y los agroecosistemas, y estos conocimientos son clave para construir alternativas viables (Vallejo-Ramos et al., 2016). McKenzie et al. (2018) mencionan la importancia de los actores que gestionan los recursos ya que de ellos depende la sostenibilidad del sistema agrícola. Y a su vez estas decisiones tomadas en torno al manejo de los cultivos dependen de la cultura, costumbres y memoria cultural. Igualmente, uno de los factores que causa la desaparición de estos productos tradicionales fermentados, como el pulque, es la falta de transmisión oral y práctica de los conocimientos necesarios para la elaboración de las bebidas, el cual se genera a través de relaciones interpersonales y de forma intergeneracional (Ojeda-Linares et al., 2023).

De manera integral podemos decir que a pesar de que en ambos sistemas el principal producto, en el que se basa todo es el pulque, se resalta la importancia de las actividades secundarias, siendo esenciales para sostener los gastos familiares. Uno de los puntos clave es que ambos sistemas cuentan con policultivos, los cuales son esenciales para el mantenimiento de la funcionalidad y resiliencia del agroecosistema, ya que les brinda un amplio margen para generar ingresos. Un estudio de caso demuestra que, si bien la adaptación de los sistemas agroforestales tradicionales depende de técnicas y conocimientos de gestión, también se basa en el acceso diferencial a la tierra, agua y bosque, y estrategias de diversificación de medios de vida; es decir a la capacidad de respuesta de los agricultores (Vázquez-Delfín et al., 2022). Algunas de las razones para mantener la vegetación silvestre dentro de las parcelas agrícolas en ambientes áridos son para alimento, medicina, forraje, leña y madera; sin embargo, también está presente

el propósito de prevenir la erosión del suelo, mantener su fertilidad y tener sombra para descansar durante las labores agrícolas (Vallejo-Ramos et al., 2016).

En la Figura 4 se ejemplifica cómo cada actividad productiva identificada en los sistemas dependen totalmente unas de otras; comenzando con las plantaciones de maguey siendo la actividad principal en ambos sistemas, de ahí el paisaje atrae a los turistas o clientes interesados en la bebida o bien en los derivados del aguamiel; los cultivos anuales de trigo, cebada, maíz, etc., están relacionados tanto con el maguey como con el turismo o clientes porque forman parte de la belleza escénica del lugar y de la misma forma los magueyes tienen una fuerte relación con los cultivos al brindarles beneficios como menor erosión, ahorro de agua y diversidad. De esta manera, las diferencias entre las ganancias y los costos de cada actividad influyen en el manejo de los recursos y en la evaluación de las necesidades económicas del sistema.

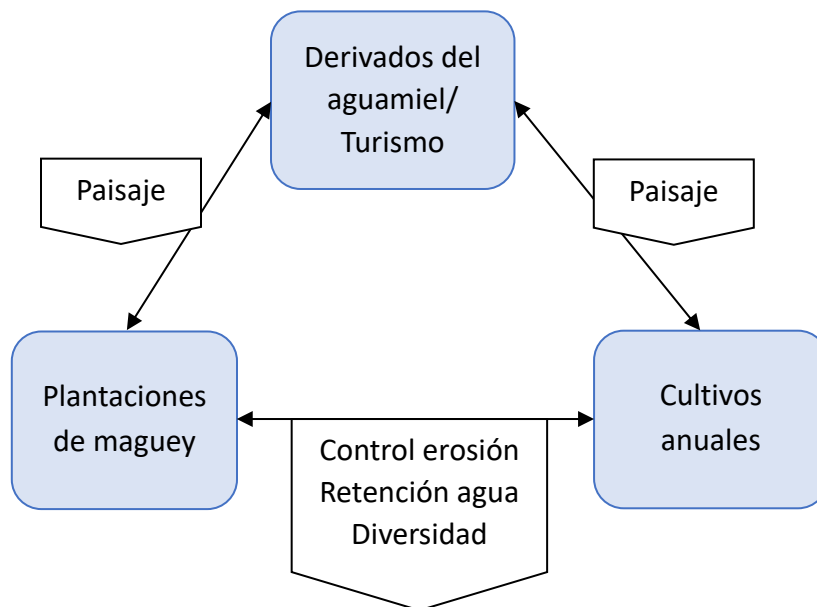


Figura 4. Diagrama de las relaciones que existen entre cada actividad productiva

9. Conclusiones

Esta investigación aporta información sobre las motivaciones de las personas acerca de la permanencia de los sistemas agroforestales de agave pulquero en dos sistemas productivos dentro de los Llanos de Apan. Para lo cual se utilizaron algunos principios de la economía ecológica y valoración ambiental. La importancia que las personas dan a los ecosistemas y los servicios ambientales se ha identificado como una dimensión crucial de la gestión sostenible de los sistemas socioecológicos (Arias- Arevalo et al., 2017). Sin embargo, el estudio de las motivaciones ha sido poco abordado por la ciencia; esto es importante ya que las decisiones tomadas por los manejadores impactan en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, la disponibilidad y calidad de los productos agrícolas y los servicios ecosistémicos que brindan (Barton et al., 2022) y estas decisiones están fuertemente ligadas a sus valores.

Podemos encontrar algunos temas principales en los que se engloban las motivaciones. Primero debemos resaltar que la rentabilidad económica de los sistemas es uno de los principales factores que influyen en la toma de decisiones sobre la forma de distribución y manejo de los recursos; para priorizar las ganancias económicas y al mismo tiempo mantener el sistema agroforestal. Después, tenemos las menciones sobre los beneficios ambientales que brindan los magueyes, mayormente presentes en la Hacienda Xochuca, lo cual puede ser debido a que ellos cuentan con mayor extensión en sus tierras cultivadas y los beneficios pueden ser más evidentes, en comparación con el Rancho la Gaspareña que no siempre tienen cultivos aledaños al maguey. Otro aspecto en relación con los magueyes que resalta en ambos sitios es el cambio en el paisaje magueyero, ya que anteriormente la producción pulquera era a mayores escalas y actualmente se ha notado una disminución en su manejo causado por diversos factores mencionados anteriormente.

Podemos resaltar los diferentes aspectos culturales presentes en las personas que los motiva de distintas formas a mantener el sistema; lo principal que se menciona es el gusto personal por el campo y la herencia familiar. Además, resalta la importancia de mantener los sistemas agroforestales ya que la producción depende de las relaciones ecológicas que existen entre los policultivos. Sin embargo, también notamos aspectos negativos que pueden llegar a

desmotivarlos como la pérdida del interés entre los más jóvenes por el cultivo, el pago injusto por el pulque y obstáculos como el robo de mixiotes. Por otro lado, es importante recordar que los valores y motivaciones documentados pueden ser cambiantes a lo largo del tiempo, por lo que la forma en la que se abordan es compleja, a pesar de ello tienen un impacto en las decisiones que pueden afectar las acciones presentes y futuras.

Finalmente, podemos decir que el manejo de sistemas agroforestales de agave pulquero puede llegar a ser una opción viable para las familias productoras, además de albergar una gran diversidad de conocimientos tradiciones que les han permitido sobrellevar todos los obstáculos que han ido surgiendo en relación con el maguey. Los motivos para la permanencia de estos sistemas pueden ser muy variados, sin embargo, podemos resaltar que el surgimiento de alternativas, contar con policultivos e innovar en la variedad de productos ofertados les permite tener mayor amplitud en sus ganancias, lo que les alienta a mantener las estrategias de manejo tradicionales orilladas a principios agroecológicos, los cuales son necesarios para el desarrollo de agroecosistemas más sostenibles.

11. Referencias

- Adger, W.N., Dessai, S., Goulden, M., Hulme, M., Lorenzoni, I., Nelson, D.R. y Wreford, A., (2009) Are there social limits to adaptation to climate change? *Climatic Change* 93 (3-4), 335-354.
- Aguilar, K. (2019). *Efecto del plan de manejo forestal en la dinámica ecológica de la comunidad de especies vegetales utilizadas por los habitantes del Rosario, Tlaxcala* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]
- Álvarez, G. (2015). *Del maguey al vaso: el manejo del pulque en las pulquerías del Distrito Federal y en las localidades abastecedoras*. [Tesis de Licenciatura, ENES Morelia, UNAM]
- Álvarez-Ríos, G. D., Figueredo-Urbina, C. J., y Casas, A. (2020a). Sistemas de manejo de maguey pulquero en México. *Etnobiología*, 18(2), 3-23.
- Álvarez-Ríos, G. D., Pacheco-Torres, F., Figueredo-Urbina, C. J., y Casas, A. (2020b). Management, morphological and genetic diversity of domesticated agaves in Michoacán, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16, 1-17.
- Álvarez-Duarte, M. D. C., García-Moya, E., Suárez-Espinosa, J., Luna-Cavazos, M., y Rodríguez-Acosta, M. (2018). Conocimiento tradicional, cultivo y aprovechamiento del maguey pulquero en los municipios de Puebla y Tlaxcala. *Polibotánica*, (45), 205-222. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.15>.
- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2017). The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. *Climatic Change*, 140(1), 33-45.
- Altieri, M. A., y Toledo, V. M. (2005). Natural resource management among small-scale farmers in semi-arid lands: building on traditional knowledge and agroecology. *Annals of Arid zone*, 44(3/4), 365.
- Altieri, M.A. y Toledo, V.M (2011). The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies*. 38(3), 587-612.
- Anderson, C.B., Athayde, S., Raymond, C.M., Vatn, A., Arias, P., Gould, R.K., Kenter, J., Muraca, B., Sachdeva, S., Samakov, A., Zent, E., Lenzi, D., Murali, R., Amin, A., y Cantú-Fernández, M. (2022). Chapter 2: Conceptualizing the diverse values of nature and their contributions to people. In: Methodological Assessment Report on the Diverse Values and Valuation of

- Nature of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Balvanera, P., Pascual, U., Christie, M., Baptiste, B., and González-Jiménez, D. (eds). IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6493134>
- Anglés, M., Bocco, G., Cotler, H., Cram, S., Lee, W. H., Ortiz, S., Prado, B., Reyes, L. B., Saniger, J. M. y Siebe, C. (2021). Por una gestión sostenible del suelo que promueva su reconocimiento, recuperación, preservación y gobernanza. Vol. 2. Pronunciamiento: Gestión sostenible del suelo. <http://www.cic-ctic.unam.mx/>
- Aparicio, E. C. (2015). Transformación y reestructuración territorial en una zona rural de la región pulquera de los Llanos de Apan. *Sociedad y Ambiente*, 1(8), 5-28.
- Arias-Arévalo, P., Martín-López, B., y Gómez-Baggethun, E. (2017). Exploring intrinsic, instrumental, and relational values for sustainable management of social-ecological systems. *Ecology and Society*, 22(4).
- Arnés, E., Antonio, J., del Val, E., y Astier, M. (2013). Sustainability and climate variability in low-input peasant maize systems in the central Mexican highlands. *Agriculture, ecosystems & environment*, 181, 195-205.
- Astier, M. (2006). Medición de la sustentabilidad en sistemas agroecológicos. In *VII Congreso SEAE Zaragoza, Ponencia* (Vol. 3, pp. 1-7).
- Astier, M., Masera, O. R., y Galván-Miyoshi, Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad: un enfoque dinámico y multidimensional*. SEAE-CIGA-ECOSUR-CIEco -UNAM-GIRA-Mundiprensa-Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable, España.
- Balvanera, Patricia, Pascual, Unai, Christie, Michael, Baptiste, Brigitte, Guibrinet, Louise, Lliso, Bosco, Monroy-Sais, Ana Sofía, Anderson, Christopher B., Athayde, Simone, Barton, David N., Chaplin-Kramer, Rebecca, Jacobs, Sander, Kelemen, Eszter, Kumar, Ritesh, Lazos, Elena, Martin, Adrian, Mwampamba, Tuyeni H., Nakangu, Barbara, O'Farrell, Patrick, ... González-Jiménez, David. (2022). Chapter 1. The role of the values of nature and valuation for addressing the biodiversity crisis and navigating towards more just and sustainable futures (Version 08). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7154718>
- Barton, David N., Chaplin-Kramer, Rebecca, Lazos Chavero, Elena, Van Noordwijk, Meine, Engel, Stefanie, Girvan, Alexander, Hahn, Thomas, Leimona, Beria, Lele, Sharachchandra,

- Muradian, Roldan, Niamir, Aidin, Özkaynak, Begüm, Pawlowska-Mainville, Agnieszka, Ungar, Paula, Nelson, Sara, Aydin, Cem Iskender, Iranah, Pricila, Cantú-Fernández, Mariana, y González-Jiménez, David. (2022). Chapter 4. Value expression in decision-making. (Version 03). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7154678>
- Barrena, J., Nahuelhual, L., Báez, A., Schiappacasse, I., y Cerda, C. (2014). Valuing cultural ecosystem services: Agricultural heritage in Chiloé island, southern Chile. *Ecosystem Services*, 7, 66-75.
- Bell, S., y Morse, S. (2008). *Sustainability indicators: measuring the immeasurable?* Routledge.
- Boege, E. (2008). *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Briones, V. H. (2015). Análisis retrospectivo del cambio tecnológico en la agricultura, el modelo productivo y la economía ecológica. *Revista Universidad y Sociedad*, 7(3), 126-132.
- Brito, R. M. D., Matlaba, V. J., Imperatriz-Fonseca, V. L., y Giannini, T. C. (2020). Perception of Nature's contributions to people in rural communities in the eastern Amazon. *Sustainability*, 12(18), 7665.
- Casas, A., Camou, A., Otero-Arnaiz, A., Rangel-Landa, S., Cruse-Sanders, J., Solís, L., Torres-García, I., Delgado, A., Moreno-Calles, A., Vallejo, M., Guillén, S., Blancas, S., Parra, F., Berenice, F., Aguirre-Dugua, X., Arellanes-Cancino, Y. y Pérez-Negrón, E. (2014). Manejo tradicional de biodiversidad y ecosistemas en Mesoamérica: el Valle de Tehuacán. *Investigación ambiental*, 6(2), 23-44.
- Casas, A., Parra, F., Blancas, J., Rangel-Landa, S., Vallejo, M., Figueredo, C. J., y Moreno-Calles, A. I. (2016). Origen de la domesticación y la agricultura: cómo y por qué. *Domest. en el Cont. Am*, 1, 189-224.
- Casas, A., y Vallejo, M. (2019). Agroecología y agrobiodiversidad. *Crisis ambiental en México*, 103.
- Cerón, E. (2015). La movilidad en la transformación y reestructuración del espacio rural: el caso de Santa Bárbara en la región pulquera de los Llanos de Apan [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México]

- Colunga-GarcíaMarín, P., Torres-García, I., Casas, A., Figueredo-Urbina, C.J., Rangel-Landa, S.; Delgado-Lemus, A., Vargas-Ponce, O. Cabrera-Toledo, D., Zizumbo-Villareal, D., Aguirre-Dugua, X. Eguiarte, L. y Carrillo-Galván, G. (2017). Los agaves y las prácticas mesoamericanas de aprovechamiento, manejo y domesticación. En Casas A, Torres-Guevara J, Parra F. (Ed.), *Domesticación en el Continente Americano*. (Vol. 2, pp. 273–308) Investigación para el Manejo Sustentable de Recursos Genéticos en el Nuevo Mundo. México: UNAM/UNALM.
- Common, M. y Stagl, S. (2019). *Introducción a la economía ecológica*. Editorial Reverte. <https://www-digitaliapublishing-com.pbidi.unam.mx:2443/a/67909>
- Costanza, R. (2020). Valuing natural capital and ecosystem services toward the goals of efficiency, fairness, and sustainability. *Ecosystem Services*, 43, 101096.
- Curiel, H. (1994). *Del esplendor al ocaso de una cultura pulquera: ensayo de historia política de Apan, Hidalgo*. [Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM].
- Delang, C. O. (2006). Not just minor forest products: the economic rationale for the consumption of wild food plants by subsistence farmers. *Ecological Economics*, 59(1), 64-73.
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R. T., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K., Baste, I. Brauman, K., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderir, A., van Oudenhoven, A., van der Plaats, F., Schröter, M., Lavorel, S., ... Shirayama, Y. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359(6373), 270-272.
- Domínguez, M. (2022). *Conservación de diversidad vegetal en torno a los sistemas de producción de Agave salmiana en los Llanos de Apan, Valle de México* [Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato]
- Donald, P. F. (2004) Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems. *Conservation biology*, 18(1), 17-37.
- Durand, L. (2008). De las percepciones a las perspectivas ambientales: una reflexión teórica sobre la antropología y la temática ambiental. *Nueva antropología*, 21(68), 75-87.
- Evans, S. T. (1990). The productivity of maguey terrace agriculture in central Mexico during the Aztec period. *Latin American Antiquity*, 1(2), 117-132.

- Farley, J., y Voinov, A. (2016). Economics, socio-ecological resilience and ecosystem services. *Journal of environmental management*, 183, 389-398.
- Figueredo-Urbina, C. J., Álvarez-Ríos, G. D., García-Montes, M. A., y Octavio-Aguilar, P. (2021). Morphological and genetic diversity of traditional varieties of agave in Hidalgo State, Mexico. *Plos One*, 16(7), e0254376.
- Figueredo-Urbina, C. J., Vega-García, M. A., y Álvarez-Ríos, G. D. (2023). Sistemas de manejo de agaves pulqueros en el estado de Hidalgo. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*.
- Flores, M.Q. (2022). *El cambio paisajístico en las zonas productivas de los Llanos de Apan. Los casos de las haciendas de Mazaquiahua y Xochuca*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]
- García-Mendoza, A.J. (2002). Distribution of Agave (Agavaceae) in Mexico. *Cactus and Succulent Journal (US)* 74(4): 177-187.
- García-Mendoza, A. J., Franco Martínez, I. S., y Sandoval Gutiérrez, D. (2019). Cuatro especies nuevas de Agave (Asparagaceae, Agavoideae) del sur de México. *Acta botánica mexicana*, (126).
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., y Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967), 812-818.
- Guedea, V. (1996). La insurgencia en el Departamento del Norte: los Llanos de Apan y la sierra de Puebla, 1810-1816 (Vol. 57). UNAM.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010a). *Compendio de información geográfica municipal. Singuilucan, Hidalgo*. INEGI
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010b). *Compendio de información geográfica municipal. Tlaxco, Tlaxcala*. INEGI
- Juárez, B. A., del Valle, J. R. E., Rodríguez-Ortiz, G., Sánchez, D. G., y Cerero, B. M. (2014). El estado actual de Agave salmiana y A. mapisaga del Valle de México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 1(2), 106-120. <https://rmae.voaxaca.tecnm.mx/wp-content/uploads/2020/11/RMAE-2014-11-Agave.pdf>

- Kumar, P. (2011). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*. Routledge.
- López-Ridaura, S., Maser, O., y Astier, M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological indicators*, 2(1-2), 135-148.
- Lorenzo-Monterrubio, A. (2007). Las haciendas pulqueras de México. México: Coordinación de Estudios de Postgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Magdaleno-Miranda, L., García-Moya, E., Valdéz-Hernández, J. I., y de la Cruz-Isidro, V. (2005). Evaluación del sistema agroforestal “árboles en terrenos de cultivo”, en Vicente Guerrero, Tlaxcala, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(3), 203-203.
- Maser, O., Astier, M., y López-Ridaura, S. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS*. -Mundi-prensa, México.
- McKenzie, S., Parkinson, H., Mangold, J., Burrows, M., Ahmed, S., y Menalled, F. (2018). Perceptions, Experiences, and Priorities Supporting Agroecosystem Management Decisions Differ among Agricultural Producers, Consultants, and Researchers. *Sustainability*, 10(11), 4096.
- Melgarejo Carreño, V. A. (2019). *Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: Contribuciones de la economía ecológica*. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Colombia].
- Millennium ecosystem assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being* (Vol. 5, p. 563).
- Morello, J., Pengue, W. A., y Rodríguez, A. (2005). Estrategias hacia la sostenibilidad en el Mercosur. *Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica*, 2, 1-8.
- Moreno-Calles, A. I., Casas, A., Rivero-Romero, A. D., Romero-Bautista, Y. A., Rangel-Landa, S., Fisher-Ortíz, R. A., Alvarado-Ramos, F., Vallejo-Ramos, M. y Santos-Fita, D. (2016). Ethnoagroforestry: integration of biocultural diversity for food sovereignty in Mexico. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 12(1), 1-21.
- Moreno-Calles, A.; García-Luna, V.; Casas, A.; Toledo, V.M.; Vallejo, M.; Santos-Fita, D. y Camou-Guerrero, A. (2014). La Etnoagroforestería: El estudio de los sistemas agroforestales tradicionales de México. *Etnobiología*, 12(3), 1-16.
- Moreno-Calles, A. I., Toledo, V. M., y Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 91(4), 375-398.

- Narváez, A.U., Martínez, T., y Jiménez, M. A. (2016). El cultivo de maguey pulquero: opción para el desarrollo de comunidades rurales del altiplano mexicano. *Revista de Geografía Agrícola*, (56),33-44. ISSN: 0186-4394. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75749287005>
- Nazarea, V. D. (2006). Local knowledge and memory in biodiversity conservation. *Annu. Rev. Anthropol.*, 35, 317-335.
- Ojeda-Linares CI, Vallejo M y Casas A (2023). Disappearance and survival of fermented beverages in the biosphere reserve Tehuacán-Cuicatlán, Mexico: The cases of Tolonche and Lapo. *Front. Sustain. Food Syst.* 6:1067598. doi: 10.3389/fsufs.2022.1067598
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2021). *World Food and Agriculture- Statistical Yearbook*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4477en>
- Pascual, U., Balvanera, P., Díaz, S., Pataki, G., Roth, E., Stenseke, M., ... y Yagi, N. (2017). Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Current opinion in environmental sustainability*, 26, 7-16.
- Perfecto, I., y Vandermeer, J. (2008). Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: a new conservation paradigm. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134(1), 173-200.
- Pingarroni, A., Castro, A. J., Gambi, M., Bongers, F., Kolb, M., García-Frapolli, E., y Balvanera, P. (2022). Uncovering spatial patterns of ecosystem services and biodiversity through local communities' preferences and perceptions. *Ecosystem Services*, 56, 101436.
- Poma, A. (2020). Una aproximación al uso de diferentes técnicas cualitativas para estudiar la percepción y la respuesta al cambio climático en M. Leyva (Ed.), *Perspectivas contemporáneas de la investigación en ciencias sociales* (1er ed., pp.151-172). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Sociales.
- Ramírez-Manzano, S. I., Bye, R., García-Moya, E., y Romero-Manzanares, A. (2020). Aprovechamiento del maguey pulquero en Nanacamilpa, Tlaxcala, México. *Etnobiología*, 18(1).
- Ramírez, R., y Hernández, J. J. (2018). Una imagen del cultivo del maguey en los paisajes del centro de México, 1890-1910. *ULÚA. Revista de Historia, Sociedad y Cultura*, (31).

- Ramírez, R. (2021). La especialización agrícola de la región de los Llanos de Apan. El surgimiento del cultivo del maguey de aguamiel (siglos XVI-XVIII). *Estudios de historia novohispana*, (64), 41-81.
- Rodríguez-Robayo, K.J., Méndez-López, M.E y Fierros- González, I. (2021). Visible and hidden economic values of the Maya milpa system in Yucatan, Mexico, *International Journal of Agricultural Sustainability*, 20:5, 774-789, DOI: 10.1080/14735903.2021.1984107
- Smale, M. (2006). Valuing crop biodiversity: on-farm genetic resources and economic change.
- Torres-García, I., Rendón-Sandoval, F. J., Blancas, J., y Moreno-Calles, A. I. (2019). The genus *Agave* in agroforestry systems of Mexico. *Botanical Sciences*, 97(3), 263-290. <https://doi.org/10.17129/botsci.2202>
- Turrent-Fernández, A., y Cortés-Flores, J. I. (2005). Ciencia y tecnología en la agricultura mexicana: I. Producción y sostenibilidad. *Terra Latinoamericana*, 23(2), 265-272.
- Trejo, L., Reyes, M., Cortés-Toto, D., Romano-Grande, E., y Muñoz-Camacho, L. L. (2020). Morphological diversity and genetic relationships in pulque production agaves in Tlaxcala, Mexico, by means of unsupervised learning and gene sequencing analysis. *Frontiers in plant science*, 11, 1383.
- Valdivieso Solís, D. G., Vargas Escamilla, C. A., Mondragón Contreras, N., Galván Valle, G. A., Gilés-Gómez, M., Bolívar, F., y Escalante, A. (2021). Sustainable production of pulque and maguey in Mexico: Current situation and perspectives. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 1-19.
- Vallejo, M., Ramírez, M. I., Reyes-González, A., López-Sánchez, J. G., y Casas, A. (2019). Agroforestry Systems of the Tehuacán-Cuicatlán Valley: Land Use for Biocultural Diversity Conservation. *Land* 8(2), 24. <https://doi.org/10.3390/land8020024>
- Vallejo-Ramos, M., Moreno-Calles, A. I., y Casas, A. (2016). TEK and biodiversity management in agroforestry systems of different socio-ecological contexts of the Tehuacan Valley. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 12(1), 1-15.
- Vázquez-Delfín, P., Casas, A., y Vallejo, M. (2022). Adaptation and biocultural conservation of traditional agroforestry systems in the Tehuacán Valley: access to resources and livelihoods strategies. *Heliyon*, 8(7).

- Vázquez, P. (2019). *Intervenciones y transformaciones en la organización comunitaria y el manejo de los recursos comunes en Zapotitlán Salinas, Puebla*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]
- Vega, B. (2021). *Caracterización morfológica entre especies silvestres y domesticadas del género Agave en la comunidad de Singuilucan estado de Hidalgo* [Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato]
- Wright, W., y Eppink, F. (2016). Drivers of heritage value: A meta-analysis of monetary valuation studies of cultural heritage. *Ecological Economics*,130, 277–284. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.08.001>

12. Anexo

Instrumentos

Motivaciones

Dueño y trabajadores

¿Por qué ha decidido seguir trabajando en la hacienda?

¿Qué es lo que más le gusta de su trabajo/ del lugar?

¿Qué no le gusta de su trabajo/ del lugar?

¿Hay alguna situación que podría impedirle seguir con su trabajo / Hacienda o Rancho?

¿Qué es lo más difícil de hacer en la Hacienda/ Rancho/ su trabajo? ¿Por qué?

Beneficios ambientales

Dueño y trabajadores

¿Cuáles son los beneficios de tener agaves?

Respecto a la naturaleza: ¿Nota algunos beneficios por la forma en la que se trabajan los cultivos?

¿Considera que actualmente los cultivos están en buen estado?

¿Cómo era en el pasado? ¿Ha notado algún cambio en los cultivos ya sea bueno o malo?

¿Qué beneficios tiene el (manejo) maguey y el resto de los cultivos?

¿Qué productos obtienen del maguey?

¿Considera importante tener un manejo de diferentes cultivos?

¿Por qué hay vegetación (silvestre) en el terreno? ¿(Dueño) ha pensado en quitarla/dejarla y por qué? ¿Tiene algún beneficio para usted esa vegetación silvestre?

¿Ha notado alguna diferencia en la calidad del suelo en los cultivos?

Económico

Dueño

Trabajo

Trabajo					
Trabajadores	Salarios	Horas de trabajo	Herramientas/Insumos	Costo	Regularidad de compra

Productos

Cultivos			
Cultivos	Temporalidad	Requerimientos	A quien los vende
		Costos	Ganancias

Productos				
Precio	Cantidad producida	Cantidad vendida	Requerimientos y costos	Cantidad vendida

¿Considera que el cultivo de maguey le da más ingresos que solo tener un tipo de cultivo?

¿De cuántos y cuales productos cultivados se obtiene un beneficio económico?

¿Toda la producción es vendida o hay autoconsumo? ¿Qué productos se usan directamente?

¿Tiene algún otro medio de ingreso?

¿Cómo aseguran la producción de pulque?

¿Cuánto pulque se produce al día o semana? De los demás productos ¿cuánto se produce?

¿Cuánto se llega a vender de pulque/ derivados del aguamiel?

¿En dónde se venden los productos? ¿A cuánto lo vende?

¿Considera que el cultivo de maguey tiene futuro?