Universidad Iberoamericana Puebla

Repositorio Institucional **http://repositorio.iberopuebla.mx**

Ciencias Ambientales y Desarrollo Sustentable Área de Síntesis y Evaluación

Evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas campesinos en el municipio de San Jerónimo Tecuanipan, Puebla

Márquez Zambrano, Ilka Daniela

2022-03-01

https://hdl.handle.net/20.500.11777/5219

http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA PUEBLA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS SOCIALES

ÁREA DE SÍNTESIS Y EVALUACIÓN III

MODELACIÓN DE PROCESOS REGIONALES SUSTENTABLES

TESIS DE LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE

“EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE AGROECOSISTEMAS CAMPESINOS EN EL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO TECUANIPAN, PUEBLA.”

TESISTA: ILKA DANIELA MÁRQUEZ ZAMBRANO

DIRECTORA: MARGARITA HAYDEE HUERTA SILVA

ASESORA: SUSANA CRUZ RAMÍREZ

SAN ANDRÉS CHOLULA, PUEBLA, MÉXICO

FECHA: DICIEMBRE 2021

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Este trabajo va dedicado especialmente a Margarita, quien ha sido un apoyo incondicional durante toda mi carrera, además de una amiga, asesora y maestra imprescindible para el logro de este trabajo. Margarita es un ejemplo del amor con el que se puede trabajar; el empeño y emoción que se necesita, lo ético de la profesión y como persona, y con quien siempre me sentí acompañada.

A mi mamá, quién ha sido fuente de inspiración y ejemplo de humildad, entrega, trabajo y humanidad, y de quien he aprendido la sabiduría, ética y amor con la que quiero mirar la vida, conocer al otro, y compartir mi experiencia.

A mi papá, quien ha sido un ejemplo de insistencia y trabajo incansable, en búsqueda constante de inspirar y motivar a otros, de tejer redes, y de quien he aprendido a sostener, y recordar la razón de mi esfuerzo.

A mi hermano, quien no sólo ha sido un ejemplo de madurez, fortaleza y certeza, sino también un compañero, soporte y aceptación incondicional en los momentos más duros y más satisfactorios del estudio y de la vida.

A mi familia y amigos, que ha sido mi sostén emocional, económico y psicológico durante toda la carrera, el motor de mi esfuerzo. No permitieron que me rindiera, y me amaron en cada momento. Son motivación de querer estudiar y servir al mundo.

A mis abuelos, quienes ya no viven pero estuvieron durante todo el proceso, y a quienes atribuyo también que esto fuera posible. Formaron parte de mi educación emocional, social y fé. Me acompañaron, amaron y apoyaron durante el camino. A Azuany y su familia, quienes siempre me han apoyado para seguir mis sueños.

A Claudia, quien hizo todo el esfuerzo y gestión para que mis trabajos y experiencias durante la carrera fueran posibles, como para que pudiera concretar mi formación con satisfacción, perspectiva, y mucho aprendizaje.

A Jerónimo, de quien aprendí mucho como profesionista y como persona, y me enseñó la ética y compromiso con la que es importante abordar el trabajo. Me inspiró, sostuvo e impulsó para continuar mi formación y generar cambios positivos.

A Susana, quien me enseñó mucho de la creatividad, excelencia y calidad con la que puedo trabajar, y me ayudó a reconocer mi identidad como profesionista, así como mejorar mis habilidades y poder transmitir mi pensar y sentir.

A Juan Luis, Abel y Raúl, quienes alimentaron mi esperanza, entusiasmo y creatividad para abordar los problemas que uno enfrenta al servir, y a no perder dirección y sentido en mi trabajo, sino convertirlo en un espacio de esperanza.

A mis maestros, quienes no sólo dejaron mucho conocimiento, criterio, reflexión y experiencia en mi aprendizaje, sino también humildad, paciencia, compromiso, humanidad, entusiasmo y mucha esperanza para mi ejercer profesional.

A Ina y Manuel, quienes siempre ofrecieron un espacio abierto para practicar, aprender y construir juntos, desde un ambiente agradable y un acompañamiento amable, diferente a únicamente una formación académica.

A Juan y Armando, quienes no sólo me permitieron realizar mi trabajo en su espacio, sino que además se atrevieron a compartir mucha de la sabiduría y experiencia que han obtenido en su día a día, y de la historia que los formó y motivó a hacer lo que hacen con pasión.

A Richi y Alexia, compañeros y amigos que siempre fueron un referente e inspiración de lo que quiero generar y compartir a partir de mi ejercer.

A Pablo, quien me enseñó a ser paciente, y esforzarme siempre por amor, y actuar siempre con valor. En especial cuando es difícil.

A Ricardo y Alejandra, quienes me motivaron a buscar otra forma de vivir y de servir. Son un ejemplo para recordar mi libertad, creatividad, capacidad, espíritu y sentido; y reconocer lo importante, para nunca rendirme cuando se trata de cuidar la vida.

ÍNDICE

ÍNDICE 3

RESUMEN 5

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 6

II. JUSTIFICACIÓN 10

III. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN 12

IV. OBJETIVOS 12

V. ESTADO DEL ARTE 13

5.1 EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE AGROECOSISTEMAS EN LATINOAMÉRICA 13

5.2 EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE AGROECOSISTEMAS EN MÉXICO 15

5.3 EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE AGROECOSISTEMAS EN EL ESTADO DE PUEBLA 17

5.4 ESTUDIOS REALIZADOS EN SAN JERÓNIMO TECUANIPAN 18

5.4.1 CASITA DE BARRO 19

5.4.2 COLECTIVO ENCINO 23

5.4.3 COOPERATIVA SANJE 27

5.5 MÉTODO DE ANÁLISIS MULTICRITERIO 30

VI. MARCO CONCEPTUAL 32

6.1 ENFOQUE SISTÉMICO 32

6.2 SUSTENTABILIDAD 34

6.3 AGRICULTURA 38

6.3.1 AGRICULTURA TRADICIONAL 39

6.3.2 AGRICULTURA CONVENCIONAL 43

6.3.3 AGRICULTURA SUSTENTABLE 46

6.4 EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD 52

6.4.1 MARCO PARA LA EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE MANEJO DE RECURSOS NATURALES INCORPORANDO INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD 53

6.4.2 EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN AGROECOSISTEMAS BASADO EN EL MARCO CONCEPTUAL DE SUSTENTABILIDAD 57

6.4.3 EVALUACIÓN DE AGROECOSISTEMAS A PARTIR DE ÍNDICES DE SUSTENTABILIDAD 62

6.5 MÉTODO DE ANÁLISIS MULTICRITERIO 62

6.6 INVESTIGACIÓN-ACCIÓN PARTICIPATIVA 65

VII. ZONA DE ESTUDIO 68

7.1 CONTEXTO AMBIENTAL 69

7.2 CONTEXTO SOCIOECONÓMICO 74

VIII. METODOLOGÍA 78

8.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS AGROECOSISTEMAS 81

8.2 RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN 83
8.3 DIMENSIONES DE ANÁLISIS 85
8.4 ATRIBUTOS DE SUSTENTABILIDAD 86
8.5 CRITERIOS DE ANÁLISIS 86
8.6 INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD 88
8.7 SELECCIÓN DE UNIDADES 93
8.8 ESTANDARIZACIÓN DE ESCALAS 94
8.9 PONDERACIÓN 96
8.10 INTEGRACIÓN DE RESULTADOS 99

IX. RESULTADOS 101
9.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS AGROECOSISTEMAS 104
9.1.1 AGROECOSISTEMA DE MANEJO CONVENCIONAL 104
9.1.2 AGROECOSISTEMA DE MANEJO MIXTO 107
9.1.3 AGROECOSISTEMA TRADICIONAL 111
9.2 VALORACIÓN DE LOS SISTEMAS 114
9.3 ESTANDARIZACIÓN DE VALORES 116
9.4 ANÁLISIS MULTICRITERIO 143
9.5 EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD 154
9.6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD 160
9.7 PUNTOS CRÍTICOS 163

X. DISCUSIÓN 168

XI. CONCLUSIONES 180

XII. RECOMENDACIONES 194

XII. REFERENCIAS 206

ANEXOS 218
TRANSECTOS CON ARMANDO LÓPEZ 218
SITIO 1: MANEJO TRADICIONAL 218
SITIO 2: MANEJO MIXTO 231
SITIO 3: MANEJO CONVENCIONAL 237
SITIO 4: MANEJO MIXTO 245
SITIO 5: MANEJO CONVENCIONAL 253
SITIO 6: MANEJO MIXTO 258
SITIO 7: MANEJO TRADICIONAL 268
TRANSECTOS CON JUAN OCELÓTL 275
SITIO 1: MANEJO TRADICIONAL 275
SITIO 2: MANEJO CONVENCIONAL 283
SITIO 3: MANEJO MIXTO 289
SITIO 4: MANEJO TRADICIONAL 297
EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE TRANSECTOS 306
TABLAS DE CRITERIOS E INDICADORES UTILIZADOS PARA LA PRUEBA 327
TABLAS DE CRITERIOS E INDICADORES UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS MULTICRITERIO 337

CURVAS DE ESTANDARIZACIÓN DE INDICADORES 354
ASIGNACIÓN DE PESOS A LOS INDICADORES 400
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD 409
ANÁLISIS DE SUELO 419

RESUMEN

La agricultura es uno de los factores que mayor contribución tiene a la degradación ambiental en México debido a la mecanización y occidentalización del campo a partir de la revolución industrial; sin embargo es una de las actividades productivas más importante para las familias mexicanas, como en el municipio de San Jerónimo Tecuanipan, donde la mayor parte de su comunidad depende de la tierra. Es por ello que existe la necesidad de transición hacia una agricultura sustentable, no sólo que genere nuevas formas de ecologización del campo, sino que busque evaluar y transformar las prácticas convencionales no sustentables, y rescatar los conocimientos tradicionales que ya existen en las comunidades y aportan a la sustentabilidad de estos sistemas. El objetivo de este trabajo es evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas campesinos que buscan transitar de su producción a una forma más sustentable en la comunidad de San Jerónimo Tecuanipan, Puebla. Este trabajo fue realizado a partir del método de evaluación de la sustentabilidad a partir del marco conceptual contextualizado para la zona, utilizando técnicas de investigación-acción participativa para el abordaje del estudio y la construcción de doce criterios y sesenta y cuatro indicadores de evaluación, así como el método de análisis multicriterio para la integración de resultados. En los resultados se identificaron tres tipos de agroecosistema: Tradicional, Mixto y Convencional, donde el 94% de las prácticas del primero, el 64% del segundo, y sólo el 30% del tercero son sustentables. Algunas de las principales fortalezas identificadas en la sustentabilidad de los sistemas evaluados, fueron el manejo de suelo, el manejo ecosistémico, el uso de recursos culturales, humanos y económicos, y la organización equitativa en el manejo y aprovechamiento de los agroecosistemas. Éste trabajo tiene pertinencia científica al aplicar una de las metodologías más recientes generadas en Latinoamérica para la evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas, además de proporcionar información útil a los involucrados para la toma de decisiones en la transición de su producción a una agricultura más sustentable.

Palabras clave: evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas (ESA), investigación-acción participativa (IAP), Método de Análisis multicriterio (MCA) Indicadores de sustentabilidad (IS)

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los agentes más comunes que provocan la degradación de ecosistemas es la agricultura, actividad que no sólo tiene efecto en el suelo directo donde se practica, sino en toda la estructura y función del ecosistema, sus entradas y salidas (Simula y Mansur, 2011).

A raíz de la producción de la revolución verde, a nivel global se transformaron los procesos de producción de alimentos, dejando de lado los ciclos de regeneración de la naturaleza y formación del suelo, lo que ocasionó la degradación irremediable de muchos ecosistemas y agroecosistemas (Bautista-Zúñiga, 1998).

El grado de contaminación actual de los suelos por riego con aguas negras, agroquímicos y descargas de residuos, rebasa su capacidad de resiliencia y tiene efectos en su productividad (Bautista-Zúñiga, 1998). El daño de los suelos influye negativamente en el desarrollo de la cadena alimentaria y en la vida de todos los organismos.

La presencia de ganado o maquinaria pesada, así como de labranza intensiva y uso de agroquímicos, provoca el apelmazamiento del suelo y el cambio de sus propiedades bioquímicas, lo cual puede cambiar su compactación e impermeabilidad, impidiendo la infiltración de agua en el subsuelo y así el desabastecimiento de los mantos acuíferos de donde extraemos el recurso para su uso potable (González *et al*., 2009).

La diversidad biológica de nuestro planeta está pasando por un periodo de crisis. Los seres humanos alteran rápidamente las comunidades biológicas del mundo, su capacidad productiva y regulaciones sistémicas, condicionando de manera significativa el futuro de muchas especies de flora y fauna (Faúndez, 2014).

La degradación ambiental es resultado de la modificación del ambiente; su fragmentación y perturbación por consecuencia de actividades humanas provoca la pérdida de sus cualidades, y el decremento de bienes y servicios naturales. La deforestación, desertificación y erosión son las principales formas de degradación

ambiental. El efecto de la degradación ambiental en los seres humanos recae directamente en la disponibilidad y calidad de alimentos, acceso al agua y producción del sector primario; y de manera indirecta, en la pobreza, economía, salud y migración. La interacción entre lo ambiental y lo sociopolítico es mutua y compleja (Landa, Carabias y Meabe, 1997).

La sobreexplotación de recursos naturales principalmente en países en desarrollo, apunta a las sociedades pobres, quienes ofrecen sus recursos a bajo precio, obteniendo pocas ganancias de los mismos. Por otra parte, el territorio es un factor importante que las sociedades desfavorecidas intentan recuperar, no sólo por su función ecosistémica, sino por el patrimonio y simbolismo que representa para ellos (Leff, 2005).

Específicamente en México, la industria agropecuaria es una de las que más contamina los suelos junto con la industria manufacturera y minería (Bautista-Zúñiga, 1998). Los suelos regables reciben cantidades considerables de sales con el agua de riego. Los suelos afectados por salinidad, representan alrededor del 13% (372,675 Ha) de la superficie regada en los distritos de riego, es decir en 2.86 millones de Ha del territorio nacional. Cuando se cambia el régimen hídrico de un suelo en forma artificial se propicia un cambio en la concentración de sus constituyentes químicos a tal grado de cambiar su estructura evitando la permeabilidad e infiltración de agua y la disponibilidad de nutrientes de la vegetación (SEMARNAT, SAGARPA, 2010).

Además de lo anterior, durante el último siglo principalmente, varias empresas que trabajan transgénicos, lograron legislaciones que favorecen su comercio y obstaculizan el de los campesinos locales. Esto les facilita la producción del cultivos modificados, y reduce la oportunidad de producción de los nativos, obstaculizado la repartición equitativa de bienes que son base alimenticia de países como México; y encabezando a exportadores extranjeros como es EU, arriesgando la autonomía de las semillas nativas, amenazada por la producción transgénica y la dependencia en agroquímicos (Turrent, 2010).

Si esto sucediera, la semilla origen se perdería, y la biodiversidad también, añadiendo que es un peligro a la salud social, pues esta producción involucra riesgos para el

consumidor, ya que se han registrado datos de daños sistémicos (tumores, cáncer, deformaciones) en animales con los que se ha experimentado el consumo de transgénicos. Lo más absurdo de la producción es que la diferencia de rendimiento con los cultivos nativos es nula. El ser transgénico, no aumenta la efectividad de producción ni la hace más rentable, sólo aumenta los riesgos ambientales, de biodiversidad y de salud (Turrent, 2010).

El actual modelo agroalimentario no ha podido solucionar los problemas alimentarios y socioeconómicos que flagelan a los países campesinos y menos desarrollados, víctimas del franco deterioro de sus recursos naturales y de la constante exposición a riesgos de origen tecnológico. Esto sugiere un cambio de concepción hacia una agricultura capaz de satisfacer las necesidades crecientes y cambiantes del ser humano, y de preservar y restaurar, al mismo tiempo, los recursos naturales y los agroecosistemas deteriorados. Tales propósitos pudieran cumplirse promoviendo un acercamiento al desarrollo sostenible en el sector agrario, basado en técnicas agroecológicas capaces de producir sostenidamente, sin afectar de forma irreparable los recursos naturales y ecosistemas, por lo que se necesita la integración de aspectos sociales, ambientales y económicos en el desarrollo del sistema (Silva-Santamaría y Ramírez-Hernández, 2016).

En municipios como San Jerónimo Tecuanipan, el cambio de uso de suelo es uno de los principales factores de producción, pues gran parte de los ingresos y calidad de vida de la población dependen de la tierra. Este fenómeno afecta sobre todo en ecosistemas nativos que se transforman en parcelas de producción intensiva o extensiva y generan la pérdida de biodiversidad. Una degradación de los suelos por agricultura, sumada a una extracción intensiva de recurso hídrico en San Jerónimo Tecuanipan, generan problemas de escasez de agua y pérdida de productividad en los cultivos, deteriorando así la calidad de vida de las personas, no sólo por su acceso al consumo doméstico de agua, sino por la dificultad de mantener las actividades económicas primordiales en el municipio (Subsecretaría de Planeación, Evaluación y Desarrollo Regional, 2010).

Aún con la situación actual de la naturaleza es posible llegar a acuerdos en que el mercado y la naturaleza sostengan congruencia o equilibrio si se adopta el cambio de

perspectiva y valorización de lo ambiental, en conjunto con el adecuado manejo de sistemas (Leff, 2005).

En Río-92, se propuso desarrollo sostenible basado en acuerdos multilaterales ambientales que limitan los procesos económicos y tecnológicos sobre el ambiente, y el impacto que causan en él; han habido varios intentos de medir la sustentabilidad principalmente en sistemas agropecuarios durante la última década, sin embargo ha habido dificultad para hacer operativo el concepto de desarrollo sostenible al no existir herramientas que promuevan su realización (Sarandón, 2010).

Este trabajo busca aplicar una herramienta metodológica que apoye a la mejor toma de decisiones respecto al manejo sustentable de agroecosistemas en el contexto campesino de la comunidad de San Jerónimo Tecuanipan Puebla, así como hacer operativo el concepto de sostenibilidad, con el propósito de contribuir a la mejora de la calidad de vida tanto de los pobladores del municipio, como de los actores humanos y no humanos que son afectados por el ecosistema indirectamente y la conservación del equilibrio ambiental. Del mismo modo se pretende integrar a los actores involucrados en el proceso de investigación a partir de técnicas de investigación participativa, buscando la generación de información útil y apropiada para los destinatarios del estudio.

II. JUSTIFICACIÓN

Ante la notable crisis ambiental y social provocada por el mal manejo de recursos naturales y sociales, que ha sido consecuencia de la considerable degradación ambiental provocada por actividades humanas, en su mayoría influenciados por la economía capitalista y la ideología del consumismo desmesurado, resulta de especial interés enfocar las investigaciones actuales en los temas de sostenibilidad y desarrollo sustentable, que permitan reconocer los principales factores que tienen mayor impacto dentro de la crisis civilizatoria, y permitan generar posibles respuestas de solución a las problemáticas que las están generando, así como estrategias de cambio y adaptación para las nuevas generaciones.

Uno de los ya conocidos problemas que influyen en la crisis contemporánea a nivel global, es el cambio de uso de suelo provocado por la producción agrícola y ganadera, que no únicamente está ligado a problemáticas de índole ambiental, como es la pérdida de ecosistemas nativos y biodiversidad; sino que también se relaciona a problemáticas sociales y económicas, como es el abandono del campo por mala retribución de la tierra, pobreza y marginación en zonas rurales, la falta de seguridad alimentaria y distribución justa de alimentos, y amenazas a la salud social y ecosistémica con el uso de químicos para la producción de alimentos; problema que se enfatizó y abrió brechas de desigualdad a partir de la revolución verde, principalmente en países en vías de desarrollo, cuyas actividades económicas principales pertenecen al sector primario, como son los países latinoamericanos, entre ellos México.

Dentro de este esquema, resulta de crucial importancia no sólo conocer nuevas formas de producción de alimentos y generar economías más justas, acompañadas de condiciones sociales solidarias a los grupos más vulnerables, sino también evaluar y transformar los sistemas convencionales de producción que contribuyen a esta problemática y pueden pertenecer, de forma sinérgica a las economías emergentes, a una propuesta de solución ante las condiciones adversas globales y al cambio de los modos de vida de las sociedades modernas; principalmente en comunidades campesinas de producción agrícola, como es el municipio de San Jerónimo Tecuanipan, cuya influencia geográfica es significativa en la cuenca que comunica su

río y aporta agua a una basta región poblana, así como al bosque que conforma el ecosistema aledaño a las faldas del Popocatépetl.

Para realizar este acercamiento, es necesario utilizar una metodología que permita abarcar la producción agrícola desde un punto de vista amplio e interdisciplinario, como es el del desarrollo sustentable, el cual incluye la visión desde las ciencias sociales, económicas y ambientales, y también incluya a los grupos involucrados participar en el abordaje del estudio y la proposición de soluciones, para generar proyectos endógenos y apropiados por las y los habitantes que influencian en la problemática.

La investigación busca propiciar información que sea útil a los actores directamente relacionados con la problemática, para visualizarla y entenderla desde un complejo que incluye la intervención de muchos factores, pero que también se puede abordar desde el cambio de algunas prácticas que se realizan en la producción y tienen un fuerte impacto en su desarrollo sistémico y el de los involucrados, y puede ser una propuesta de solución ante las problemáticas actuales como prevenir las de generaciones futuras.

A pesar de que existen suficientes estudios para la evaluación de la sustentabilidad en diferentes tipos de agroecosistema, no todas las metodologías han logrado hacer operativo el concepto de sustentabilidad, por lo que es conveniente para la comunidad de investigadores que han buscado hacer útil y efectivo el concepto. Este trabajo tiene utilidad metodológica al aplicar una de las formas más recientes propuestas para la evaluación de la sustentabilidad como complemento a otras metodologías ya utilizadas anteriormente en el ámbito de la investigación, y contribuye a ampliar la colección de estudios que buscan aplicación del concepto sustentabilidad. La investigación es viable, pues se dispone de los recursos necesarios para llevarla a cabo.

III. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

HIPÓTESIS

Al evaluar la sustentabilidad de los tipos de agroecosistemas campesinos presentes en San Jerónimo Tecuanipan de manera participativa con los productores, se podrán construir estrategias de intervención encaminadas al logro de una agricultura sustentable.

PREGUNTA GENERAL

¿Cuál es el nivel de sustentabilidad de los agroecosistemas campesinos evaluados en la localidad de San Jerónimo Tecuanipan?

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas campesinos en el municipio de San Jerónimo Tecuanipan a partir de indicadores para la generación de estrategias encaminadas a una transición hacia agricultura sustentable

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los tipos de agroecosistema a evaluar en San Jerónimo Tecuanipan de acuerdo a su manejo.
- Caracterizar los sistemas a evaluar desde el enfoque sistémico y transdisciplinar de las ciencias ambientales.
- Valorar los atributos de los agroecosistemas a partir de indicadores de sustentabilidad obtenidos del proceso participativo de investigación.
- Analizar los datos obtenidos para determinar los puntos críticos de la sustentabilidad en los agroecosistemas y las posibles recomendaciones para la transición a manejo sustentable.

V. ESTADO DEL ARTE

5.1 EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE AGROECOSISTEMAS EN LATINOAMÉRICA

Un ejemplo de aplicación de metodologías de evaluación de sustentabilidad de agroecosistemas es el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), uno de los más utilizados en el continente. Un caso reciente fue la aplicación del marco MESMIS en dos sistemas agrícolas de San Carlos, Mendoza, Colombia (Fontana, 2013). En este trabajo se evalúa de forma comparativa la sustentabilidad de dos sistemas frutícolas del departamento de San Carlos con manejos diferentes, uno convencional y el otro en transición agroecológica, para aportar a la construcción de indicadores de sustentabilidad adaptados a la agricultura intensiva bajo riego. Se definieron veinte indicadores a partir de la identificación de puntos críticos y se utilizó el marco MESMIS para la integración de resultados, donde se puede observar que el sistema agroecológico en transición presenta mejoras en algunos de los indicadores mesurados, con estancamiento en la dimensión económica.

Otro caso de aplicación más reciente América latina fue la evaluación de sustentabilidad en agroecosistemas campesinos en el municipio de Cabrera, Provincia del SumaPaz en Colombia (Fonseca, et al., 2020), a partir del marco MESMIS, donde se evaluó la sustentabilidad de veinte agroecosistemas campesinos, el grado de participación de la familia rural desde su perspectiva y cotidianidad, y las prácticas productivas desde las dimensiones económica, social y ambiental. La investigación fue acompañada de técnicas de relevamiento de información mediante trabajo de campo, encuestas, herramientas de recolección y cartografía social. En los resultados se califican a seis agroecosistemas como poco sustentables; doce medianamente sustentables, y dos sustentables, y se identificó que cada práctica de manejo representa un impacto (beneficio o perjuicio) para los productores y sus familias en las tres dimensiones evaluadas.

Cuba cuenta con información de diversas investigaciones realizadas bajo principios agroecológicos, y metodologías de estudio para el acercamiento al desarrollo

sostenible. Esto ha permitido establecer propuestas integrales dirigidas a la introducción de alternativas. No obstante, gran parte de estos estudios han desconocido la participación de los principales actores en el proceso de investigación. Existe aún carencia de investigaciones que analicen desde una visión holística el desarrollo agrario sostenible, a partir de la visión *in situ* de los actores involucrados. Además hay limitados estudios que aporten información sobre el estado de los agroecosistemas en comunidades como San José de Las Lajas. Por lo anterior, se buscó evaluar las tendencias de sostenibilidad de los agroecosistemas a través de la medición de indicadores fundamentados en los principios de la investigación-acción participativa (IAP) y métodos de análisis multicriterio aplicando la metodología MESMIS para la integración de criterios (Silva-Santamaría y Ramírez-Hernández, 2016).

Los agroecosistemas estudiados en el trabajo anteriormente mencionado fueron seleccionados por sus altos niveles de biodiversidad el implemento de técnicas agroecológicas, y por su fácil acceso con abierta disposición de los productores para participar en el proyecto. Metodológicamente se utilizaron principios de investigación acción participativa (IAP) y se analizaron muestras de agua y suelo en laboratorio. La construcción de los indicadores se hizo a partir de la metodología Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS) y en total se obtuvieron 34 indicadores para estimar la sostenibilidad de los agroecosistemas. De los resultados obtenidos se resalta que los tres agroecosistemas ostentan niveles de sostenibilidad altos en donde se aplica manejo agroecológico (Silva-Santamaría y Ramírez-Hernández, 2016).

Además del MESMIS, existen otras formas de abordar los estudios evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas. Un método muy utilizado en Latinoamérica es a través de índices de sustentabilidad, como es el caso del estudio de Cerón *et al*. (2014) para la evaluación agroecológica de los sistemas productivos agrícolas en la microcuenca Centella en Dagua, Colombia, donde utilizaron el Índice de Sustentabilidad de Sistemas Productivos Agrícolas (ISSPA) para evaluar la integridad agroecológica de los predios localizados en la microcuenca Centella del Valle del Cauca.

La investigación tuvo en cuenta aspectos ambientales, socio-económicos y político-institucionales para analizar el sistema. Se formularon 23 indicadores agrupados en las cuatro áreas de evaluación establecidas por el equipo técnico y la comunidad. Con esto compararon los sistemas de producción y definieron umbrales de su capacidad para soportar usos antrópicos. La herramienta utilizada fue una encuesta con 25 preguntas con rangos de escala 1-5 y 1-10. Los predios se agruparon por umbrales, de acuerdo con la evaluación de los 23 indicadores bajo la escala del ISSPA. Los resultados indicaron que el 56% de las fincas se encuentra por encima del umbral, 6% está por debajo del mismo y 38% constituyen un ejemplo para el manejo que contribuyan a la integridad ecológica y la promoción del desarrollo humano sustentable en el campo (Cerón *et al.*, 2014).

Actualmente se están desarrollando nuevas metodologías para la evaluación de la sustentabilidad, que complementan las carencias y fallas de los existentes al hacer operativo el concepto de sustentabilidad; sin embargo, actualmente todavía no existen muchas publicaciones de casos de estudio aplicando los nuevos métodos de evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas, lo que señala una necesidad de generar investigaciones de caso, utilizando nuevos métodos y herramientas para sumar a la construcción de metodologías adecuadas a la complejidad y transdisciplinariedad de la sustentabilidad, y actualizar, así como mejorar el abordaje de este tipo de estudios a partir de innovación y retroalimentación de las técnicas usadas hasta ahora.

5.2 EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE AGROECOSISTEMAS EN MÉXICO

Desde el surgimiento del MESMIS, en el año 2000, hasta la actualidad, se ha utilizado éste método como herramienta principal en múltiples casos de estudio para la evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas.

Martínez *et al.* (2015) publicaron una investigación donde emplearon el marco MESMIS como herramienta metodológica mejor adaptada para el análisis de la sustentabilidad de los agroecosistemas de piña en los municipios de Loma Bonita, Oaxaca e Isla, Veracruz. Los resultados del estudio indican que más del 70 % de los

estudios revisados utilizaron el marco MESMIS como herramienta metodológica en la evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas, y se propuso utilizarla como herramienta metodológica para ser aplicada en la evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas de piña, debido a que representa una opción viable para su aplicación en los sistemas de manejo de recursos naturales del trópico mexicano.

Gutiérrez *et al.* (2007) también realizaron un estudio de caso para evaluar la sustentabilidad del Rancho Universitario de la Universidad Académica Profesional de Temascaltepec a nivel de finca a través de 8 indicadores ambientales trabajados de forma longitudinal para los sistemas forestal y pecuario durante el periodo 2001-2004 y transversal en el agrícola durante los ciclos de temporal en los años 2002, 2003 y 2004. Utilizaron 8 criterios: Productividad, Estabilidad, Confiabilidad, Resiliencia, Adaptabilidad, Autogestión, Autodependencia y Equidad. En los resultados, se detectó que debido a la aplicación de técnicas agroecológicas durante el periodo de estudio, en el Rancho Universitario estudiado mejoraron 6 de los indicadores ambientales planteados, 3 indicadores económicos y 3 sociales; se mantuvieron constantes 2 indicadores ambientales y 3 económicos; y decrecieron 2 indicadores económicos y 1 social.

Dentro del mismo trabajo, también se mencionó la participación de otros investigadores en la aplicación del marco MESMIS para la evaluación de diversos sistemas agroecológicos en el contexto mexicano, dentro de las regiones de Chiapas, Quintana Roo Sinaloa; Yucatán, Veracruz, Oaxaca y Estado de México. La aplicación de este marco se adaptó a distintos objetivos de investigación, entre ellos la evaluación de la sustentabilidad en sistemas de producción convencional y orgánica de café; la comparación entre el sistema convencional y agro-silvopastoril, la evaluación de la sustentabilidad de la producción de maíz bajo el empleo de abonos verdes comparada con el sistema tradicional de rosa-tumba-quema, la evaluación de la sustentabilidad en sistemas de producción ovina, la evaluación de la sustentabilidad en sistemas de manejo de milpa y apicultura en la selva; la evaluación de agroecosistemas campesinos, y la evaluación de la sustentabilidad de un sistema forestal comunitario respectivamente (Gutiérrez *et al.*, 2007).

Por último, como experiencia de aplicación del marco MESMIS para la evaluación de agroecosistemas, Castillo *et al*. (2012) aplican esta herramienta de investigación, pero incorporan el componente de legislación ambiental para la construcción de indicadores en el proceso de evaluación dentro de su trabajo "Evaluación de la sustentabilidad social, económica y productiva de dos agroecosistemas de producción de leche en pequeña escala en el municipio de Amecameca, México".

El objetivo de la anterior investigación fue evaluar indicadores de sustentabilidad en los agroecosistemas de producción de leche en pequeña escala propios de la Cabecera Municipal y la delegación San Francisco Zentlalpan, Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México. El trabajo se realizó durante el periodo de mayo del 2009 a abril de 2010. La muestra fue de 12 unidades de producción las cuales contaban con 154 vacas en producción que representaron el 10,6% de la población total de vacas en producción del municipio. Los indicadores fueron obtenidos de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2004 junto con la participación de los 12 actores clave en la producción de leche de Amecameca, con quienes por medio de recorridos guiados y pláticas informales se identificó la problemática de la zona, los puntos críticos y criterios de diagnóstico del agroecosistema. En los resultados, el agroecosistema se mostró sustentable en el ámbito económico y social (Castillo *et al.,* 2012).

5.3 EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE AGROECOSISTEMAS EN EL ESTADO DE PUEBLA

A nivel local, encontramos el estudio de evaluación de la sustentabilidad de la actividad agrícola de tres localidades campesinas en Pahuatlán, Puebla, desarrollado por Castelán *et al.* (2014). En esta investigación se evaluó la sustentabilidad en los agroecosistemas de tres localidades del municipio de Pahuatlán, Puebla, mediante la estimación del índice de desarrollo sustentable. Se realizó un estudio descriptivo longitudinal de campo del año 2009 al 2012, sobre una población total conformada por 506 agroecosistemas ubicados en las localidades de San Pablito, Xilepa y Tlalcruz, pertenecientes al municipio de Pahuatlán, Puebla. Se tomó una muestra estratificada de 288 agroecosistemas y a sus productores, a quienes se les aplicó un cuestionario socioeconómico estructurado para medir las tres dimensiones del

Desarrollo Sustentable (ambiental, económica y social). Los resultados obtenidos demostraron que Xilepa y Tlalcruz se encuentran en un nivel crítico de sustentabilidad al presentar valores de 0.34 y 0.40, respectivamente, y San Pablito con un nivel inestable de 0.52. La dimensión ambiental presentó la mayor limitación para la sustentabilidad de estas localidades.

5.4 ESTUDIOS REALIZADOS EN SAN JERÓNIMO TECUANIPAN

No existen estudios realizados en el municipio de san Jerónimo Tecuanipan, sin embargo existe información generalizada a nivel regional, que puede ser utilizada para caracterizar el sistema ambiental, económico y social del municipio, con ciertas limitantes debido a la escala con que fue tomada la información. El trabajo con mayor proximidad a la zona de estudio es el llevado a cabo por Capulín *et al*. (2007) en San Jerónimo Tecuanipan y las vecinas, es el caso de San Miguel Papaxtla, Tecuanipan y Puebla de Zaragoza, donde se analizó el desarrollo endógeno y estrategias campesinas utilizadas desde hace 50 años en la región Cholulteca, donde se encuentra la zona de estudio.

En esta investigación se entrevistaron a todas las personas nacidas antes de 1940 en la comunidad, con un enfoque participativo. Se les formuló un cuestionario de 48 preguntas, sobre 6 temas específicos 1) las características del productor; 2) extensión y producción; 3) utilización y adopción de tecnología; 4) comercialización; 5 asesoría y apoyo; 6) infraestructura y servicios. Las 21 entrevistas se obtuvieron de forma oral e individual (Capulín *et al*., 2007).

Los resultados obtuvieron que las estrategias endógenas que han sobrevivido ante la política económica de libre mercado, han sido el aprovechamiento al máximo de la humedad; adopción y adaptación de nuevos cultivos, y comercialización de sus productos. El desarrollo endógeno ha sido a través de las identidades locales, la articulación de elementos propios, conocimientos, recursos naturales, tecnología y organización, cuya herencia cultural y autogestión particularizan y determinan las características de cada localidad (Capulín *et al.*, 2007).

Respecto a los datos oficiales, no existe información proporcionada por el gobierno del municipio ni otras instituciones federales a nivel local, con excepción de los censos de población y conteos rápidos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010) y los Informes Anuales sobre la Situación de Pobreza y Rezago Social de la Secretaría de Desarrollo Social y del consejo nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo social (2010; 2013).

Así mismo, se encuentran datos generales acerca de las características geográficas, culturales, políticas y ambientales del municipio colectadas por el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (2010), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (1995) y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2009); sin embargo la mayor parte de esta información se encuentra a nivel nacional o regional y no ha sido revisada a escala local por el municipio o instituciones oficiales.

Ante la falta de estudios e investigaciones de fuentes oficiales, organizaciones locales sin fines de lucro como el colectivo ENCINO, así como instituciones académicas, y universidades como la Universidad Iberoamericana Puebla (UIAP), el Tecnológico de Monterrey, y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), han juntado esfuerzos para la generación de información a escala local durante la última década, con ayuda de organizaciones locales como Casita de Barro, donde se han conseguido estudios de índole ambiental, social, cultural e histórico; e incluso de han desarrollado proyectos comunitarios de economía social y de restauración ambiental, la mayor día de estos desde un enfoque sistémico e interdisciplinar en conjunto con las y los habitantes de Tecuanipan.

5.4.1 CASITA DE BARRO

Casita de Barro es un proyecto holístico que busca integrar los valores y principios de sustentabilidad y calidad de vida dentro del contexto campesino de San Jerónimo Tecuanipan, municipio perteneciente al Estado de Puebla. La misión de Casita de Barro es “construir una sociedad más justa, creando modelos participativos de vida sustentable con la gente de Tecuanipan, basados en relaciones humanas de confianza” (Casita de Barro, 2013).

Como respuesta ante las problemáticas locales, Casita de barro busca incidir en el fenómeno de la migración desde su origen, así como en los problemas de pobreza, marginación, bajos índices de escolaridad, productividad económica y deterioro ambiental; lo que sugiere proponer modelos para sensibilización de los habitantes y de quienes tienen contacto con la institución sobre prácticas de autoconsumo, revalorización de lo local y autonomía alimentaria propias de la permacultura (Casita de Barro, 2013).

La institución reconoce la sustentabilidad y la organización participativa como paradigma alternativo, la agroecología como método de producción y seguridad alimentaria, la calidad de vida como fin último y la comunidad como unidad base para la existencia, aunado a un eje de valores y acciones que promueven una sociedad justa, consciente, autosuficiente, cooperativista y creativa, vinculada con la tierra y la cultura; por lo que son un referente de prácticas sustentables dentro de la comunidad.

Esta institución es fundada y dirigida por la pareja de maestros Manuel Palma Barbosa e Ina Vanootehem, quienes en 2008, tras experiencias de trabajo en contextos de migración y pobreza, decidieron establecerse en la región con la idea de comenzar un estilo de vida justo y sustentable; se involucraron e integraron con la comunidad, y a partir de la convivencia, comenzó la detección de necesidades que los llevaron a construir proyectos comunes en búsqueda de elevar la calidad de vida de los habitantes (Vanootehem, *en* Márquez, 2019[4]).

> *Somos educadores que, después de trabajar en el sur de México y en los Estados Unidos, desde el 2009, venimos a establecernos en este poblado campesino en las faldas del volcán Popocatépetl. Aprendimos a construir espacios de tierra y a producir alimentos de forma respetuosa con la naturaleza, lo que nos hizo creer que la sustentabilidad es una herramienta factible para generar justicia social. Basados en ello, generamos proyectos colaborativos con universidades locales que trabajan de cerca con familias locales en la adopción de la agroecología, la bioconstrucción y otras ecotecnologías* (Palma y Vanootehem, *en* Márquez 2019[4]).

Dentro de las instalaciones de Casita de Barro se encuentran proyectos demostrativos como ecotecnias y diseños agroecológicos que conforman la infraestructura del lugar

incorporados a obras de bioconstrucción. Entre ellas muros de estiércol, nopal y barro; tragaluces de botellas de vidrio, techos de carrizo y madera recuperada, muebles reutilizados; captación y almacenamiento pluvial, ecotecnologías alternativas y tecnologías de bajo costo como biofiltros, baños secos, calentador solar y bomba de agua mecánica; así como un jardín diverso en flora, fauna, estratos y técnicas de producción de alimentos; vivero, invernadero, camas biointensivas, huerto vertical, siembra directa en el suelo, biofertilizantes, composta, etc… Casita de Barro es una de las organizaciones que más se acerca a una producción agroecológica, sustentable y autosuficiente de alimentos dentro de la comunidad.

Además de los proyectos físicos, Casita de barro se encuentra encargada de coordinar la investigación socioambiental que orienta los proyectos ligados a la solución de problemáticas del lugar, como es la recuperación del bosque, del río y regeneración de germoplasma, sumados a una campaña contra incendios que surge de la necesidad de detener el deterioro de suelo, agua y vegetación que generan las actividades agrícolas y los incendios provocados en la zona.

Estos proyectos van acompañados por la elaboración de trabajos académicos y capacitaciones realizadas por las universidades y organizaciones no lucrativas que han colaborado con la institución a través del servicio social, las prácticas profesionales y los voluntariados, así como investigaciones llevadas a cabo y dirigidas por el colectivo ENCINO, proyecto hermano que emergió de las colaboraciones de académicos de la UIA con la organización (Dosal[1], 2019).

Para hacer sustentable a Casita de Barro, también existen acciones desde el eje económico, con perspectiva social y ambiental.El proyecto más reciente es la apertura de un AIR BNB como un experiencia de vida sustentable en San Jerónimo Tecuanipan (Palma y Vanootehem, 2019) y que en un futuro se encaminará a ser fuente de turismo local y ecológico. Gracias a estos proyectos, se han realizado otros de propósito social-ambiental, como la construcción de la biblioteca en el kínder de la comunidad y la restauración del cerro Xocoatlayo donde los beneficiarios son los habitantes del lugar (Vanootehem en Márquez, 2019[4]) (Dosal[1], 2019).

Otro ejemplo muy remarcado de economía social, es la cooperativa SanJe de autoconsumo, producción y comercialización, que fue formada por familias vecinas, amigas de la organización, que junto con Ina y Manuel crearon un espacio para intercambiar, consumir y comercializar los productos que realizan, buscando que sean de calidad, que tengan orígen natural y local, y generen ingresos justos a su trabajo, que conlleva una la elaboración de productos con procesos conscientes, social y ambientalmente responsables (Zoldos[2], 2017). Algunas marcas de la cooperativa, tienen una función también viluclada a otros proyectos; por ejemplo, Semilla 5, cuya venta genera ingresos para el programa educativo Nicancalli.

Diagrama 1. Alianzas Casita de Barro

Elaboración propia

Diagrama 2. Organigrama Casita de Barro

Elaboración propia

Todos estos proyectos tienen en común la búsqueda de la reconstrucción del tejido social de la comunidad, el cambio hacia modos de vida y de producción más sustentables y sanos, así como la restauración de los relictos ambientales que quedan en la comunidad, y la transición a una economía solidaria y justa, que no busque la explotación de recursos, sino el uso eficiente y la valorización de los mismos, así como del trabajo campesino y los servicios locales; a la vez que busca volver más accesible el consumo y producción de calidad a un precio justo, mas no caro para el mercado, y así, asequible para la comunidad.

El origen de estos proyectos cae no sólo en la experiencia de Ina y Manuel en trabajo con inmigrantes mexicanos en los Estados Unidos, o el contexto de pobreza en Chiapas, sino en las mismas necesidades y problemáticas que enfrenta el municipio de san Jerónimo Tecuanipan, pues son los sujetos beneficiarios, los usuarios y los co-creadores de esta organización.

5.4.2 COLECTIVO ENCINO

Uno de los proyectos más recientes y con más peso en los tres ejes de sustentabilidad de la institución, es el colectivo ENCINO, una organización de la sociedad civil cuyo compromiso es acompañar a las comunidades rurales y campesinas en la gestión de su territorio, con propuestas encaminadas a la restauración del medio ambiente y la búsqueda de modos de vida dignos, a partir de sus necesidades y aspiraciones, así

como procesos de construcción colectiva de alternativas, soluciones y proyectos endógenos (ENCINO, 2021[2]).

Ésta organización sin fines de lucro, está constituída por académicos y especialistas enfocados en las áreas de desarrollo sustentable y campesino, ciencias naturales o ambientales, y ciencias sociales. La mayoría de los miembros están incorporados a instituciones académicas privadas y públicas, así como a proyectos operativos como la producción de hortalizas, miel, y programas de desarrollo social. Uno de los propósitos de crear el colectivo, fue formar un equipo de trabajo transdisciplinario que genere y facilite información y recursos a los proyectos de desarrollo sustentable y campesino en la comunidad de San Jerónimo Tecuanipan.

Se originó en el año 2017 a partir de las preocupaciones de los profesores y alumnos acerca de las problemáticas a nivel local y regional que tenían efecto en la comunidad de San Jerónimo Tecuanipan, entre ellas la pérdida del bosque nativo y las especies originarias de la región, por causa de la quema y cambio de uso de suelo; la contaminación de agua y suelo en el río y tierras del municipio por actividades como la agricultura convencional y descargas residuales en los afluentes; problemas políticos vinculados al Gasoducto Morelos, migración y marginación en el municipio, pérdida de saberes culturales y el vínculo con la naturaleza y territorio, entre muchos otros, alimentados por la falta de estudios e investigaciones realizadas en el sitio, y la poca atención de las instituciones gubernamentales y privadas en atender las necesidades detectadas.

Es por ello que con la necesidad de generar proyectos e investigaciones que contribuyeran a la solución de problemáticas a partir de conocimientos y saberes de los habitantes de Tecuanipan, así como el apoyo de instituciones académicas, surgió la iniciativa de generar un colectivo que promoviera procesos de investigación participativos, a través de talleres, trabajos de grado y colaboraciones asesoradas desde un enfoque holístico, integral, complejo, sistémico y transdisciplinar, para el desarrollo endógeno y sostenible de la comunidad.

El objetivo principal del colectivo es acompañar con sensibilidad y compromiso en la mejora de la calidad de vida en comunidades rurales y la regeneración del medio

ambiente en pro de modos de vida en armonía con el equilibrio ambiental. Su meta es ser una organización líder en la gestión de iniciativas y proyectos integrales de base comunitaria a partir de la participación activa y basados en la regeneración de ecosistemas y la sustentabilidad que contribuyan a mejorar las condiciones de vida de la población.(ENCINO, 2021[1])

Algunas de las áreas que atiende el colectivo son (1) problemáticas socioeconómico ambientales, como contaminación y perturbaciones ambientales, desigualdad y falta de equidad en las cadenas productivas; (2) vida campesina digna y en armonía con la naturaleza; (3) productores y personas interesadas en encontrar nuevas formas de relacionarse con su entorno y mejorar su calidad de vida y la de sus familias, (4) protección, conservación, restauración y aprovechamiento consciente de los ecosistemas; (5) uso sustentable de sus recursos naturales; (6) propuestas técnicas de producción sustentable, como agroecología, bosques de alimentos, redes de comercialización, y economías locales; (7) reconstrucción del tejido social y la unión comunitaria; (8) problemas como explotación y renta de tierras, ruptura del vínculo con el campo; y (9) pérdida de relictos de vegetación nativa, deforestación, cambio de uso de suelo, y erosión (ENCINO, 2020[3]).

Las líneas de acción que abarca el colectivo son la (1) organización comunitaria consolidada, participativa y gestora de su territorio, la (2) gestión integral del agua (y del medio ambiente); la (3) producción de alimentos sanos, suficientes y con un enfoque sustentable (agroecología); las (4) redes de empresas sociales dinamizando la economía local y creando empleos. Todos los proyectos buscan abordarse desde una perspectiva multidisciplinar, holística, y socioambiental; utilizando herramientas y técnicas participativas para los proceso de investigación, gestión y toma de desiciones, así como un enfoque sistémico, de derechos humanos, de género y campesino, que permita entender y acompañar adecuadamente las problemáticas y metas presentadas (ENCINO, 2021[2]).

Otra de las líneas importantes del colectivo, es la generación de estudios a nivel local, y la asesoría de investigaciones, tesis y trabajos académicos que aporten información útil para la toma de decisiones en los proyectos participativos. Muchos de los estudios realizados a nivel local son acompañados, dirigidos, facilitados, gestionados y

sistematizados a través del colectivo y sus organizaciones hermanas, en colaboración con instituciones académicas y grupos de organización civil interesados en las líneas de trabajo. Algunas de las temáticas que se han abarcado en los trabajos e investigaciones son:

- Temas ambientales, como es la identificación de zonas de restauración en Tecuanipan; la planeación participativa de los procesos de reforestación del bosque nativo; y la recopilación, almacenamiento y reproducción de germoplasma y semillas del ecosistema originario y cultivos tradicionales (ENCINO, 2017[1]; 2017[2];2019; Márquez *et al*. 2019)
- Participación en proyectos y convocatorias para soberanía alimentaria y producción agroecológica regionales (Bernal, 2021)
- Proyectos de capacitación en Tecuanipan en materia de incendios y perturbaciones forestales (ENCINO, 2020[1])
- Una campaña fondeadora para la restauración del bosque entro de un terreno comprado con las donaciones, y el beneficio de la familia campesina que lo cedió (ENCINO, 2020[2])
- La recopilación y asesoría en estudios realizados en la cuenca del Atoyac, principalmente sobre contaminación, toxicidad y alteraciones genéticas en la flora y fauna del afluente, de donde proviene el agua de Tecuanipan (Solis, 2013; Lara y Zenteno, 2017; Zamora, 2019)
- Identificación, inventario y catálogo forestal con las especies nativas del Bosque de Encino-Pino de Tecuanipan (Escalera, 2017[1]; 2017[2])
- La identificación de las zonas perturbadas en el suelo y bosque de Tecuanipan (Figueroa, 2018)
- La percepción sociocultural del ambiente en Tecuanipan, los usos, modos y medios de vínculo con la naturaleza en la comunidad (Dorsal[1], 2019)
- El análisis del cambio de uso de suelo en el municipio en los últimos 30 años a partir de SIG (Márquez[1], 2019)
- Análisis comparativo de estrategias de educación en Casita de Barro con otros proyectos análogos de permacultura, y propuesta de estrategias de educación localizadas (Paredes, 2018; Márquez[2], 2019), entre otros.

Existen varios grupos beneficiados a partir de las iniciativas, proyectos, investigaciones y acompañamientos del colectivo. La población mayormente

beneficiada son las y los habitantes de San Jerónimo Tecuanipan, que es donde se inició la organización. A mediano plazo, ENCINO pretende trabajar con comunidades aledañas con características similares para fortalecer y detonar el desarrollo territorial en la región. Los beneficiarios indirectos de este trabajo son los campesinos, familias de los productores, turistas, grupos de estudio que visiten la comunidad o comunidades involucradas, así como las personas que se paguen por los servicios (talleres, prácticas, certificación participativos) (ENCINO, 2021[2]).

.

El colectivo busca generar iniciativas a escala regional, considerando la región del Izta-Popo como área de influencia, que involucra a Puebla y sus alrededores. Los municipios de incidencia actual son San Jerónimo Tecuanipan, Calpan, Nealtican, San Nicolás de los Ranchos, Santa Isabel Cholula, San Gregorio Atzompa y San Pedro Cholula (ENCINO, 2021[2]).

5.4.3 COOPERATIVA SANJE

Otro de los proyectos emergidos de Casita de Barro, también importantes a mencionar en este trabajo, es la cooperativa SanJe; una cooperativa de productores, amigos, que nació en abril 2017 con la intención de construir una vida digna para los campesinos de San Jerónimo Tecuanipan. Practican el autoconsumo y el trueque, y comercializan sus excedentes en la forma de productos de calidad, respetuosos de la Madre Tierra, y a precios justos (SanJe, 2020[1]).

Ésta cooperativa comenzó fortaleciendo el autoconsumo y el intercambio entre los miembros. Posteriormente amplió su red de distribución a la comercialización en línea a través de una alianza con el Tianguis Alternativo de Puebla. Actualmente se encuentra en el proceso de motivar a otros productores para incorporar prácticas agroecológicas con la oportunidad integrarse a la cooperativa, y así tener acceso a los mercados solidarios que está propiciando para garantizar precios justos para el campesino y el consumidor (SanJe, 2020[1]).

Con su producción y comercialización, buscan generar una alternativa de trabajo para los habitantes de San Jerónimo Tecuanipan en Puebla, que se basara en ofrecer al cliente productos de calidad, orgánicos, amigables al medio ambiente y a un precio

justo, que permitan cerrar un círculo virtuoso donde todos los involucrados obtengan un beneficio (SanJe, 2021).

A pesar de su progreso en el tiempo, la cooperativa no ha cambiado mucho su organización desde el inicio, aún con la deserción de algunos miembros y el cambio de actividades. Esto se debe a que es una empresa jóven en proceso de expandir su desarrollo a una economía más circular.

Diagrama 3. Organigrama SanJe

Elaboración propia

Actualmente, Sanje integra 4 marcas: Cencali (casa de maíz), repostería gourmet a base de amaranto, maíz, y huevo orgánico; Kiltic, productos caseros y perecederos de calidad a precio justo; Yoali, miel 100% de azahar, multiflora, de Chaca y Jonote; Productos gourmet y medicinales, hechos artesanal y naturalmente del huerto orgánico de Casita de Barro y producción local (SanJe, 2020[2]).

La participación y presencia de la cooperativa en la comunidad de San Jerónimo Tecuanipan, así como en la ciudad de Puebla, ha ido incrementando desde su fundación. Se han realizado eventos en alianza con la organización Locálido, participaciones con la UIA en el día de la comunidad, e incluso canastas temáticas navideñas como iniciativa de la cooperativa. También, se han realizado esfuerzos de investigación por parte del colectivo ENCINO y el Servicio Social de la UIA Puebla para mejorar el branding, logo, marketing, e identidad de la cooperativa, además de la generación de material como videos, fotografías, diseños de empaque o presentación, equipo para ventas e incluso animaciones publicitarias.

En el marco metodológico “de campesino a campesino”, uno de sus objetivos principales es motivar a otros productores para incorporar prácticas agroecológicas con la oportunidad integrarse a la cooperativa, y así tener acceso a los mercados solidarios que están propiciando para garantizar precios justos para el campesino y el consumidor, por lo que son una organización clave para la transición de formas de agricultura a manejos más sustentables y justos para la localidad (SanJe, 2020[1]).

La misión de la cooperativa Sanje es ser una alternativa de producción y consumo responsable que integra e impulsa iniciativas en San Jerónimo Tecuanipan y la región, para lograr bienestar común, practicando la economía social, fortaleciendo el tejido social y cuidando la tierra (SanJe, 2020[1]). Su visión es oograr en los próximos 5 años ser un referente de producción y consumo responsable para más familias de Tecuanipan y la región (SanJe, 2021).

Como uno de los proyectos recientes de la cooperativa, se ha inaugurado una tienda comunitaria en Tecuanipan, alianzas con otras organizaciones de investigación, producción, comercio y consumo; la generación de catálogos y redes sociales, la aplicación para fondos del gobierno, y actualmente la planeación participativa y acompañamiento para el desarrollo comercial de la cooperativa y el incremento de la membresía de socios colaboradores.

Parte de lo que determinó la necesidad de evaluar los sistemas agroecológicos campesinos en el presente trabajo, fue el deseo de integrar nuevos socios productores a la cooperativa SanJe a partir de la incorporación de prácticas agroecológicas en la producción de alimentos de los campesinos locales (SanJe, 2021[1]). Para ello es necesario que los candidatos a socio transiten a un manejo sustentable de sus parcelas, acompañados por las organizaciones mencionadas, con el propósito de proteger la salud de los productores y consumidores al dejar de estar en contacto con sustancias tóxicas; la protección de las tierras de la comunidad y su recuperación, y la oferta de productos de calidad, orgánicos o amigables al medio ambiente y a un precio justo (SanJe, 2021[2]).

5.5 MÉTODO DE ANÁLISIS MULTICRITERIO

El método de análisis multicriterio es uno de los más utilizados para las evaluaciones de materia socioambiental, como es la sustentabilidad de los ecosistemas y agroecosistemas. Éste método, permite integrar variables cuantitativas, cualitativas y compuestas dentro de un mismo análisis para realizar evaluaciones comparativas longitudinal y transversalmente de los sistemas ecológicos y agroecológicos estudiados, a través de herramientas multivariables que ayudan a la estandarización y asignación de pesos a los criterios e indicadores considerados en los objetivos de investigación (Aranda y Herath, 2009).

Acosta y Corral (2017) en su trabajo “Multicriteria Decision Analysis and Participatory Decision Support Systems in Forest Management” realizan un meta-análisis sobre artículos de carácter forestal donde se utilizó el Método de Análisis y Decisión Multicriterio con distintos niveles de participación social para la toma de decisiones o propuesta de alternativas y manejo de bosques.

Dentro de este artículo se pueden observar más de 70 ejemplos de aplicación de métodos de participación para la gestión ambiental en distintos niveles y dentro del mismo proceso de Análisis Multicriterio; como la planeación con acción participativa de Nordström *et al.* (2010), que involucra a los actores durante todo el proceso; la aplicación de entrevistas para la cohesión de intereses de Mustajoki, *et al.* (2011), o la recolección de información por consulta de grupos focales de Aigneren (2002).

Aranda, y Herath, (2009) realizan una compilación de alrededor de 60 artículos que utilizan el Método de Análisis Multicriterio para la planeación y gestión forestal desde diferentes modelos. En el artículo se mencionan casos de integración de los objetivos de conservación ambiental con los intereses particulares de los actores económicos en la toma de decisiones respecto al uso de plantaciones forestales, así como la conjunción de parámetros ecológicos y económicos de expertos y actores involucrados para la reivindicación de estrategias en el manejo del bosque.

Un ejemplo de análisis multicriterio para el manejo y conservación ecológica y agrícola es el caso de estudio de la identificación de áreas de alto impacto para la conservación de aves en Champlain Valley of Vermont, Canadá, realizado por Sutti *et al.*, (2017) , con el objetivo de mejorar el hábitat de las especies locales por medio del manejo integral agrícola que conservara las zonas de resguardo potenciales con las actividades humanas existentes. El estudio se realizó usando el método de análisis multicriterio en un paisaje que compartía parches de uso agrícola con relictos de vegetación natural de pastizal.

En Latinoamérica también se han realizado estudios por medio del Método de Análisis Multicriterio principalmente para la conservación de la biodiversidad; un ejemplo es la determinación de sitios prioritarios para la conservación de los murciélagos en Brasil, donde se tomaron en cuenta variables bioclimáticas relacionadas a los nichos ecológicos de los murciélagos para seleccionar los sitios óptimos como hábitat y resguardo de estos mamíferos (Cardoso *et al.*, 2018).

La identificación de áreas prioritarias para restauración ecológica en la isla Robinson Crusoe, Chile, es otro ejemplo donde se utilizó el Análisis y Decisión Multicriterio, al integrar el conocimiento local y científico, para la identificación de áreas naturales perturbadas, donde se pudieran y necesitaran implementar medidas de restauración a escala local para eventualmente, disminuir y/o amortiguar la fragmentación del ecosistema que estaba ocasionando la invasión de los matorrales (Faúndez, 2014).

En el caso de México, la mayoría de los estudios por medio del Método de Análisis Multicriterio contienen algún grado de participación social. Un ejemplo de aplicación del método fue la identificación de zonas potenciales para secuestro de carbono en Chignahuapan y Zacatlán de Cruz-Huerta *et al*., (2017), donde se hizo un comparativo entre las áreas potenciales de la región. Otro ejemplo fue la evaluación multicriterio de González *et al.* (2016) para identificar las áreas prioritarias a ser restauradas, también en la región Chignahuapan-Zacatlán, mediante el Proceso Analítico Jerarquizado y la teledetección digital en sistemas de información geográfica.

VI. MARCO CONCEPTUAL

6.1 ENFOQUE SISTÉMICO

Debido a la complejidad de los macrosistemas, a partir de la Revolución Industrial, la ciencia ha tomado el reduccionismo como enfoque metodológico principal para el estudio de variables. Sin embargo las nuevas metodologías de estudio señalan que la realidad es multifactorial y multivariable y debe ser estudiada con métodos adecuados a su multidimensionalidad. En este sentido, el modelo científico positivista y atomista pierde pertinencia, pues tiene sesgo en los atributos que surgen entre subsistemas, y deben ser considerados como parte del estudio. Para ello, se propone el uso de un enfoque sistémico dentro de las investigaciones principalmente interdisciplinarias como es la ciencia ambiental (Martínez, 2011; Reátegui, 2019).

El Enfoque Sistémico es uno de los enfoques interdisciplinarios, que constituye un medio metodológico para el estudio de los objetos integrados y de las dependencias e interacciones integrales como es el estudio de los sistemas agroecológicos. En esta visión, cabe resaltar que la unidad base de un sistema, son sus interacciones subsistémicas (Reátegui, 2019).

El pensamiento sistémico, propone conceptualizar compartiendo semántica entre ciencias y analizar las cosas en su conjunto, utilizando muchas veces las matemáticas, gráficos y tecnología como medio de comunicación entre ciencias y síntesis de la realidad (Reátegui, 2019).

Éste enfoque surge de la necesidad de resolver la crisis ambiental desde su complejidad interrelacionada, y entenderla no únicamente desde lo ecológico sino desde lo humano; la cultura, las relaciones de poder, la tecnología, las ciencias sociales; pues la forma disciplinaria y segmentada de estudio, no ha servido para hacer frente a un fenómeno multifactorial como la crisis actual. Así mismo, busca reconocer distintas formas de saberes y establecer un diálogo entre ellas para abrir nuevas vías de reconstrucción del mundo y reapropiación de la naturaleza (Leff, 2007).

La ciencia y el desarrollo, no siempre han sido compatibles. La negación de la complejidad de la realidad y su alineación al mundo economizado, provoca un proceso incontrolable e insustentable de producción. (Leff, 2007) Los principios del enfoque sistémico se relacionan con el desarrollo de un sistema. Esta relación permite el estudio científico donde cada parte es interdependiente de otra, y desde ese panorama, generar propuestas integradas para un un desarrollo sostenible, pues éste involucra diferentes dimensiones. En lo referente al medio ambiente, es necesario considerar los factores sociales, económicos, naturales, sus riquezas y sus relaciones, procurando soluciones democráticas y sustentables en un problema más general (Reátegui, 2019).

Análisis sistémico

La palabra "sistema" tiene diferentes connotaciones según la disciplina que lo utilice. En un contexto de trabajo interdisciplinario, como es la evaluación de la sustentabilidad, se define como un conjunto de componentes que interactúan entre sí de manera recíproca y de cuya interacción surgen o emergen nuevas propiedades. Existen sistemas abiertos (los que interaccionan con el exterior) y cerrados (tienen flujos cíclicos internos en equilibrio). La mayoría de los sistemas son dinámicos, es decir, se encuentran en constante cambio y movimiento (Masera *et al.,* 2000).

La caracterización de un sistema implica una descripción en un momento dado, para poder observar sus cambios o transformaciones en el paso del tiempo. De acuerdo a Masera *et al*. (2000), la caracterización de los sistemas de estudio debe incluir:

- Componentes biofísicos del sistema.
- Un Diagrama con la descripción cualitativa de los insumos requeridos y extraídos del sistema (entradas y salidas), y las relaciones entre los componentes del sistema.
- Las prácticas agrícolas, forestales o pecuarias que involucra cada sistema.
- Las principales características socioeconómicas de los productores, así como los niveles y tipos de sus organizaciones.
- Las interacciones existentes entre los sistemas y subsistemas.

El diagrama de flujo que se obtiene mediante la caracterización, contiene los elementos principales que forman el sistema de manejo (límites, subsistemas, flujos,

elementos); están organizados por jerarquías y con una escala adecuada al tamaño del sistema. Los límites del sistema se definen de acuerdo al objeto de estudio, las barreras físicas y sociopolíticas que definen el área, el periodo de tiempo en que se estudia y la escala mayor a la que pertenece el sistema, considerando a éste último como unidad de análisis (Masera *et al.,* 2000).

Diagrama. Elementos a identificar en la caracterización de un sistema de manejo

Obtenido de Masera *et al.* (2000, p.60).

Posteriormente es necesario analizar los aspectos o procesos que limitan o fortalecen la capacidad de los sistemas para sostenerse en el tiempo (fortalezas y debilidades) a partir de los criterios de diagnóstico (Masera *et al.*, 2000).

6.2 SUSTENTABILIDAD

Los planteos científicos sobre el medio ambiente y el desarrollo sustentable se basan en el cambio en la comprensión del mundo, procedente de la interdisciplinariedad, holisticidad y pensamiento sistémico aplicados de manera adecuada al tratar un tema, incluyendo el riesgo de caos que implica, pero ampliando la certeza en la toma de decisiones (Giannuzzo, 2010).

Para ello es necesario entender al ambiente como una dimensión compleja; es decir como un conjunto de elementos físicos, químicos, biológicos y de factores sociales,

capaces de causar efectos directos o indirectos, a corto o largo plazo, sobre los seres vivos y las actividades humanas (CNUMH, Estocolmo, 1972). El ambiente es impredecible, explicable, codependiente, y diverso en sus elementos (Giannuzzo, 2010).

Actualmente, la sustentabilidad se define como la habilidad de un sistema de sostenerse en el tiempo (Ortiz *et al*., 2017), y se contrasta y conceptualiza también como la cualidad medible por la ciencia a partir de la interdisciplinariedad; el conjunto conocimientos y métodos para explicar y accionar en relación con el humano y la naturaleza. Su objetivo es resolver las problemáticas socio-ambientales desde puntos de vista diversos, aunque integrados de forma transversal y longitudinal espacial y temporalmente (Giannuzzo, 2010).

La preocupación ambiental surge alrededor de los años sesenta con el disfraz de prevención socioecológica, pero con el origen real en la preocupación por la limitación. Fue a partir de la precaución por la limitación del crecimiento capitalista debido a la escasez progresiva de recursos naturales, en los años sesenta, que se crea el modelo de desarrollo sustentable, concepto que se basa en el equilibrio y mantenimiento de tres factores (económico, social, ambiental), pero es malinterpretado en ocasiones, tendiendo a ser más técnico que práctico, o incluso contradictorio en la relación propuesta-legislación por las mismas organizaciones que lo avalaron (Foladori, 2002).

Las tres dimensiones de la Sustentabilidad han sido abordadas desde diferentes perspectivas por los autores referentes al tema, pero generalmente incluyen la conservación de la naturaleza, los ecosistemas y la diversidad dentro de la dimensión ecológica, así como la resiliencia natural ante impacto humano y la integridad, equilibrio y salud ecosistémica. Para la dimensión social, usualmente hacen alusión a la erradicación de la pobreza, migración, hambre y a la búsqueda del bienestar social, es decir, mejorar la calidad de vida de la gente (no obstante de las múltiples definiciones que existen de estos conceptos) como objetivo principal y la participación democrática y equitativa de los gobiernos y sociedades. Finalmente, respecto a la dimensión económica, el desarrollo sustentable busca un crecimiento económico

justo, a partir de la eficiencia productiva, la sustitución de recursos no renovables por renovables y la promoción de economías solidarias (Foladori, 2002).

El desarrollo sustentable es definido originalmente como “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias” (ONU, 1987) y se refiere a la búsqueda de un desarrollo equilibrado en las tres dimensiones de la sustentabilidad.

Las relaciones del humano en cuanto a la transformación de la naturaleza conforman parte importante de la posibilidad de cumplir el desarrollo sustentable. Los tipos de relación con el ambiente son las Relaciones Técnicas (trabajo, herramientas e instrumentos utilizados para el mismo; tecnología y maquinaria, utilidad) y las Relaciones Sociales de Producción (distribución y/o apropiación de los medios de producción) (Foladori, 2002).

El modelo de Sustentabilidad, aún siendo idealmente oportuno, en la ejecución contiene lagunas técnicas y manipulación de términos que terminan siendo inefectivos para el desarrollo socioambiental. Las legislaciones (capitalistas y estatales) junto con la dinámica de privatización (uso desigual de suelo, reducción de inversión pública, comercio, etc…) contradicen las necesidades y propuestas del desarrollo sustentable de la UNDP (infraestructura y oportunidades de trabajo, reforma agraria, democracia y equidad, etc…), lo que hace poco factible la realización real del modelo sustentable capitalista, o al menos propone soluciones sin atender las causas reales del declive económico ambiental y obliga a un reacomodo de la distribución de los medios de producción y consumo, para generar el equilibrio de los tres factores que basan el modelo (Foladori, 2002).

Atributos de sustentabilidad

Un sistema de manejo es sustentable cuando produce, en un estado de *equilibrio* dinámico, una combinación específica de bienes y servicios que satisfacen un conjunto de metas (productividad), sin degradar sus recursos base (estabilidad); capaz de enfrentar perturbaciones y aún así mantener los beneficios (confiabilidad), así como tener una recuperación rápida de estas perturbaciones (resiliencia); y encontrar estados alternativos de equilibrio (adaptabilidad); basándose en la

organización de los involucrados y reduciendo la dependencia del exterior (autosuficiencia/autogestión) y con una adecuada distribución de responsabilidades y beneficios entre sus integrantes (equidad) (Ortiz, 2017).

Indicadores de sustentabilidad

Un indicador de sustentabilidad es una variable que devela información y brinda las bases para evaluar las condiciones y/o tendencias sociales, ambientales o económicas de un sistema. Pueden ser cualitativos, cuantitativos o compuestos, que integren ambos tipos de información relacionada en una misma variable, o índice con base en un criterio específico. Son importantes para hacer operativos los atributos de sustentabilidad en variables que se puedan medir y monitorear en el tiempo, ayudan a distinguir las fluctuaciones de los atributos clave de los agroecosistemas, y fungen como una herramienta importante en las tomas de decisiones (Masera *et al.*, 2000).

El uso de indicadores en las evaluaciones de sustentabilidad ha sido bastante heterogéneo, pero ha sido difícil llegar a un conjunto coherente que haga sentido para todos los casos de estudio. Por ello se originó la necesidad de generar marcos estructurados que liguen los atributos generales de los sistemas dinámicos con indicadores específicos para cada contexto socioambiental en escalas espaciales y temporales definidas. Usualmente se utilizan enfoques sistémicos y procesos participativos para la determinación de estos indicadores (Masera *et al.*, 2000).

La forma de derivar los indicadores de los marcos de sustentabilidad es diversa, pues depende del marco conceptual de sustentabilidad bajo el cual se trabaje y los objetivos del estudio; sin embargo existen algunas características generales encontradas en los estudios de evaluación de la sustentabilidad. Normalmente, cada indicador parte de una dimensión específica y mide un criterio a evaluar. Puede haber indicadores de estado y de efecto, y pueden ser simples (directos) o compuestos. Se expresan en escalas cualitativas o cuantitativas, y brindan un valor temporal y espacial específico, medible (Masera *et al.*, 2000).

Existen diferentes marcos que rigen los criterios y dimensiones bajo los cuales se evalúa la sustentabilidad de los agroecosistemas, considerando el tipo de manejo que

se lleve en el sitio (forestal, agrícola, silvopastoril, etc), así como su contexto geográfico, social y ambiental.

Para aportar a la construcción de indicadores de sustentabilidad, como un ejemplo de aplicación del MESMIS en Latinoamérica, en un estudio de caso en Colombia se definieron 20 indicadores de sustentabilidad a partir de la identificación de puntos críticos del agroecosistema, considerando como criterios de diagnóstico siete atributos de sustentabilidad del marco MESMIS (Masera *et al.,* 2000) y la ponderación de los productores; y se decidió incluir algunos indicadores que no tienen directo correlato con los puntos críticos mencionados por los productores pero que se consideró relevante tomar en cuenta a la hora de monitorear los aspectos que inciden en la sustentabilidad del sistema (Fontana, 2013).

6.3 AGRICULTURA

El desarrollo de las civilizaciones humanas ha ido de la mano con la evolución de su relación con la naturaleza. Los grupos humanos nómadas pasaron de ser cazadores y recolectores, al sedentarismo, cuando comenzaron a formar grupos sociales más grandes y complejos, establecidos en lugares de conveniencia para la garantía de su seguridad y acceso a recursos (Robledo, 2014).

Fue entonces que comenzaron la domesticación del campo y de los animales, y se generaron las primeras prácticas de producción agrícola, que es considerada una de las actividades más antiguas de la humanidad, cuyo orígen se estima alrededor del año 11,500 a.C en Asia, y en el 10,000 a.C en Mesoamérica. Ésta se ha desarrollado en varias partes del mundo, derivada de la observación a la naturaleza y su imitación para la generación de alimentos y subproductos, vinculados a procesos ritual y simbólicos que se han transmitido por generaciones y transmutado hasta la diversidad de formas que existen en la actualidad (Carmona, 2004; Robledo, 2014).

La agricultura es la actividad que consiste en el aprovechamiento de los factores naturales (ciclos, flujos de nutrientes y energías, genética, etc) y el uso de medios de información (saberes, costumbres, conocimientos), así como tecnologías y

herramientas para la producción de especies vegetales, asociadas a especies animales, hongos, bacterias, entre otros, para la satisfacción de necesidades humanas, principalmente la alimentación y las que le rodean, como la economía familiar, los rituales, y la espiritualidad. Ésta actividad ha tenido varios cambios a lo largo del tiempo, evolucionando sus técnicas y herramientas conforme la capacidad y complejidad de los sistemas agroecológicos que le rodean, así como la de las culturas que la desarrollan, sus necesidades y conocimientos etnobotánicos (Martínez, 2009).

6.3.1 AGRICULTURA TRADICIONAL

Muchas de las prácticas intencionadas y no intencionadas que funcionaron hace miles de años, se repitieron, y eventualmente evolucionaron hasta convertirse en saberes y conocimientos culturales, que actualmente se manifiestan en prácticas de campo y se conocen como agricultura tradicional. Éstas prácticas, en su mayoría se basan en las observaciones de la naturaleza que abunda en cada sitio; es por ello que son distintas en cada cultura, dependiendo de su locación; sin embargo conservan en común el vínculo con el territorio, el aprendizaje del mismo, y la transmisión por generaciones (Carmona, 2004; Robledo, 2014).

Existen muchos mitos acerca de las prácticas tradicionales, la mayoría desvirtuando sus aportes como contraargumento para la imposición de un paradigma dominante, convencional. Además de ello, se han generado muy pocos estudios respecto a formas de producción que han existido en el país. Sin embargo la mayor parte de los fundamentos y conocimientos útiles para la agricultura sostenible, vienen de prácticas tradicionales, que han funcionado mejor que los sistemas convencionales, lo que nos lleva a reconocer y aceptar la vocación agraria tradicional de México y los países Latinoamericanos desde sus sistemas tradicionales (Martínez, 1983; 2009).

Es cierto que existen prácticas tradicionales sustentables, como no sustentables. La mayor parte de las que aún se conservan suelen ser ecológicamente viables, pues la supervivencia de muchas culturas en el mundo, así como su colapso, dependió en gran parte de las formas de manejo que tuvieron para producir sus alimentos (Benites y Bot, 2013; Martínez, 1983; 2009).

Algunas de las prácticas agrícolas tradicionales que no favorecen al ambiente, vienen de los primeros intentos de domesticación, como es la quema de suelos sistemática y el uso de la labranza intensiva, que lo dejan removido y desnudo ocasionando erosión y pérdida de su materia orgánica. Esta práctica era útil cuando las poblaciones mesoamericanas eran pequeñas y sembraban en espacios de clareo del bosque caducifolio, lo cual estimulaba la renovación del ecosistema, la atracción de fauna para cazar, y la reproducción de herbáceas y maíz, que, debido a sus ritmos rápidos de recuperación, no degradaba al ambiente; sin embargo no es una práctica viable en la actualidad considerando las condiciones ambientales y la disponibilidad de tierra para la creciente población presente (Benites y Bot, 2013).

También existen prácticas de manejo ecológicamente afortunadas, provenientes de la agricultura prehispánica, que además son base de las formas de producción moderna. Sin embargo una gran parte de éste conocimiento milenario se ha perdido con la imposición de las formas de producción ibérica, europea, en especial en los países mesoamericanos durante la colonia. Otra parte se ha conservado, y en gran medida, los conocimientos antiguos se transformaron y mezclaron con la agricultura occidental, creando las bases agrícolas del campo y arado mexicano, dando pie a dos tipos de métodos tradicionales de producción: la agricultura tradicional prehispánica (milpa o agricultura maicera) y la mestiza (arado y frutales) (Martínez, 1985; 2009).

Los procesos de germinación, siembra, reproducción, selección e hibridación de especies, son algunos de los conocimientos que la agricultura tradicional prehispánica ha brindado. La aplicación de abonos naturales para fertilizar el suelo, la rotación y diversificación de cultivos para aumentar la resiliencia de la siembra a los factores climáticos, así como evitar las plagas; y la manipulación artesanal de genes, así como las técnicas para mejorar los cultivos, también son ejemplos de aportes que brindó la agricultura tradicional maicera a la modernidad (Carmona, 2004; Robledo, 2014).

Mesoamérica es uno de los tres centros primarios de domesticación en el mundo. Las plantas que más se utilizaban originariamente en esta región son el maíz, frijol, calabaza, nopales, agaves y ciruelos para la constitución de sistemas agroalimentarios, que fueron base de desarrollo de las culturas latinoamericanas debido a su complementariedad ecológica y nutricional. Mesoamérica es una de las

regiones ecológica y culturalmente más diversas del mundo, en especial en México, en las zonas del valle del centro de México y de Puebla (donde se encuentra la zona de estudio), y la cuenca del río Balsas (Zizumbo y García, 2008).

El sistema de milpa es uno de los mayores aportes de las culturas prehispánicas mesoamericanas a la actualidad. Este sistema integraba tanto las prácticas de rosa-tumba-quema en la selva caducifolia, como con las prácticas de observación e imitación de la naturaleza para la producción de alimentos, y donde encontramos la mayor parte de los conocimientos etnobotánicos indígenas. La milpa surge con la quema de áreas del bosque para la atracción de fauna para cazar. La observación de esta fauna, llevó a la identificación de las plantas consumibles, que comenzaron a ser reproducidas, seleccionadas, manipuladas y domesticadas hasta formar sistemas de cultivo complejos influidos por el humano (Zizumbo y García, 2008).

La milpa es un sistema complejo derivado de la manipulación de las especies primarias nativas que nacen en el bosque caducifolio cuando éste es quemado. Tiene una estructura compleja donde se producen cereales (maíz, amaranto), rastreras (calabaza, y frijol), hierbas de uso medicinal y culinario (jitomate, tomate, epazote), árboles frutales (ciruela, aguacate), nopal y agaves para la extracción de alcohol y fermentos. En términos modernos, se considera similar a la estructura de un bosque comestible, sin ser perenne; es decir, un sistema de producción intensiva, estratificada, con diversidad alta, asociación entre especies y ciclos o flujos cerrados, de donde se pueden obtener alimentos y subproductos para múltiples usos, como leña, medicina, aromáticas, etc (Zizumbo y García, 2008).

El sistema de milpa es la figura agrotípica de la agricultura tradicional prehispánica, junto con la diversidad de usos y costumbres rituales, culinarias, espirituales, medicinales y festivos que conlleva. Existe una fuerte relación entre las prácticas agrícolas prehispánicas y las culturales, pues ambas se basan en el vínculo con el territorio. Entre ellas pueden encontrarse la cercanía entre las fechas de fiestas y cosecha, la raíz semántica de la mayor parte de las palabras utilizadas en las lenguas indígenas, los símbolos y las figuras replicadas por los artesanos, así como la funcionalidad de de sus producciones en cerámica, piedra y otros materiales; los usos de hongos y hierbas en rituales y ceremonias de los cerros y el temascal; los

conocimientos en etnobotánica y curaciones a enfermos, los métodos de conservación de la diversidad en la semilla, entre muchos otros (Martínez, 2009).

El sistema de arado con animales (bueyes y mulas), de motiticheo (doble cosecha) y de sembrado de árboles frutales o jardines aromáticos, la producción de sistemas cafetaleros y tabacaleros (cultivos perennes), la siembra de cereales y hortalizas (trigo, cebada, cebolla), la adaptación de sistemas de riego y captación de agua, y el uso de ganado (bovino, porcino, ovino), así como las herramientas y técnicas artesanales que le acompañan (la yunta, el trillado) son producto de la agricultura tradicional mestiza, que emerge de la interacción de prácticas indígenas-europeas durante la época de la hacienda. La inducción de especies tropicales (plátano, chicle, papaya, caña) y maderables (silvicultura), así como la explotación de especies exóticas fue posterior a la agricultura de hacienda, y ya no forma parte de las prácticas tradicionales mestizas (Martínez, 1985) .

Ambas formas de producción tradicional, son parte de las prácticas tradicionales campesinas en la actualidad. En algunas regiones como Chiapas, la producción de cereales fue removida en los ejidos, al abolir el sistema de hacienda, pues no es un alimento consumido en la región, y se regresó a la producción de maíz como cereal principal; sin embargo aún se conservan elementos como el ganado y los sistemas cafetaleros como parte del campo actual.

En la zona del Valle de Puebla y México, no existen sistemas cafetaleros (con excepción de la Sierra), sin embargo se combina la producción de milpa con la de hortalizas, y aún se conserva la siembra de árboles frutales. Lo mismo sucede en la cocina tradicional mexicana, donde se observan prácticas comunitarias indígenas (uso de sal de tepecintle, hierbas, tortilla, frijol) como mestizas (uso de sal de salina, carne de ganado, lácteos, harinas) de cocina.

Muchos de los saberes y prácticas utilizados tradicionalmente en la agricultura, son base y se han retomado para fundamentar los principios de la agricultura sustentable, como el manejo del suelo y asociación de cultivos como la milpa prehispánica y los jardines aromáticos de la colonia (agroecología), la adaptación de cultivos a distintos terrenos terrestres y no terrestres como chinampas (acuacultura, agricultura

orgánica), la combinación de estratos como la milpa tradicional prehispánica y mestiza (agricultura sintrópica, bosque comestible) y en sistemas de producción agroecológicos (silvopastoril, acuaponia); el uso de riego y captación pluvial usado desde las haciendas (ecotecnias) o el descanso de la tierra (agricultura de conservación) son algunos casos de uso moderno de los conocimientos tradicionales (Carmona, 2004).

6.3.2 AGRICULTURA CONVENCIONAL

Actualmente, la producción agrícola en Latinoamérica está fuertemente influida por conceptos y principios de agricultura desarrollados en los climas templados Europeos, que fueron introducidos en nuestros países de clima y ecología distinta, sin haber pasado primeramente por pruebas y validaciones críticas que aseguran su viabilidad y sostenibilidad en el contexto latinoamericano. A las prácticas occidentales de manejo en la modernidad, se le denomina agricultura convencional (Benites y Bot, 2013).

La agricultura convencional tiene orígen en las prácticas modernas de labranza occidental, especialmente las generadas en los años 70's durante la revolución verde, y que fueron introducidas en otros territorios con la globalización de las técnicas y equipos utilizados en el campo con el objetivo de aumentar la producción debido a los problemas de hambre mundial, la necesidad de atacar la crisis económica mundial, y el boom del desarrollo tecnológico posguerra, que en conjunto llevaron a nuevos métodos de labranza que modificaron el acercamiento al campo en todo el mundo (Bautista-Zúñiga, 1998).

La revolución verde promovió el uso de mejoramientos genéticos, asociados al elevado uso de insumos químicos, obligando a los agricultores a invertir crecientemente en fertilizantes y agroquímicos para tratar de mantener los rendimientos con el resultado de la elevación de los costos de producción y la pérdida de rentabilidad (Turrent, 2010).

Se comenzaron a utilizar máquinas, equipos y herramientas pesadas, además de labranzas intrusivas y volteo del suelo, concebidos en Europa, para una agricultura de labranza intensiva, sin permitir el descanso al suelo, procurando una producción

contínua, independiente de las estaciones, que permitiera disponibilidad ilimitada y atemporal de productos alimenticios estandarizados en el mercado (González *et al*., 2009).

Se promovió la producción a gran escala, en forma de monocultivo, y de manera extensiva, para maximizar la producción y generar la mayor cantidad posible de cosechas que volvieran rentable el campo y generaran ingresos económicos. Se dejaron de utilizar los métodos tradicionales de cultivo, que se basaban en prácticas milenarias, culturalmente vinculadas al territorio, artesanales, en policultivo y en pequeña escala, que no permitieran eficientar la producción. Se promovió la tala de árboles y cambios de uso de suelo a partir de las prácticas extensivas (Benites y Bot, 2013).

Se comenzaron a utilizar tecnologías posguerra como invernaderos, tractores de triple disco, hidroponía, entre otros, para volver más rápida la producción, y no depender de los ciclos de crecimiento y desarrollo naturales de las plantas, que vuelven más lento el proceso, y por lo tanto no pueden satisfacer la demanda del mercado. El campo comenzó a girar en torno a los requerimientos del mercado; la diversidad, cantidad y temporalidad de cultivos se adecuó al mismo, y cambió los tiempos, prácticas, y formas de producir alimentos (Benites y Bot, 2013).

Este ciclo no sostenible de la agricultura convencional, induce a una degradación de la calidad de vida debido a la baja productividad del trabajo, y también a una inseguridad alimentaria debido a la baja productividad de los suelos que causa migraciones en gran escala y algunas veces, la competencia violenta por los recursos para satisfacer necesidades básicas (Silva-Santamaría y Ramírez-Hernández, 2016).

El paso de la maquinaria, y el continuo uso de los arados y gradas a la misma profundidad y durante periodos de alto contenido de humedad, crea capas compactas y tienen efectos dañinos sobre el desarrollo del sistema de raíces de las plantas, la disponibilidad de oxígeno y el movimiento e infiltración del agua en el suelo, creando escorrentías superficiales, erosión y pérdida de suelo, nutriente, materia orgánica, calcio y semillas, afectando la biota del suelo (Bautista-Zúñiga, 1998).

En los suelos agrícolas del país, los tenores de materia orgánica son menores a lo que en muchos países considerarían niveles bajos. Esto obliga a la incorporación de grandes cantidades de estiércol y fertilizantes para mantener la capacidad productiva de los cultivos intensivos (Benites y Bot, 2013).

Algunas fortalezas de la agricultura convencional, son la reducción en los esfuerzos de labranza, la maximización de la producción, y la capacidad de control de los cultivos, pues a partir de las tecnologías y técnicas de ésta forma de producir, la eficiencia de tiempo y espacio es mayor que los métodos tradicionales, los procesos son más simples, fáciles y rápidos que los artesanales, el trabajo es menor que con herramientas manuales, y el manejo de plagas, la cantidad y momento de cosecha, y los rendimientos son controlados con la adición de químicos, además de que se ajusta a las necesidades del mercado, sus estándares y asegura rendimiento económico y generación de dinero (Yu Chang, 2005).

Sin embargo, desde el inicio de la aplicación de éste método, se han presentado muchas objeciones por parte de los científicos y ambientalistas respecto al uso de las técnicas convencionales, debido a su fuerte impacto ambiental y en la seguridad alimentaria, sin garantizar la erradicación del hambre o una mejor producción, que eran el supuesto propósito del uso de estos mecanismos (Yu Chang, 2005).

Algunas de las desventajas de la agricultura convencional, son las afectaciones a la salud humana tanto de los productores, como de los consumidores de estos alimentos, pues muchos de los químicos utilizados para aumentar la producción, son venenosos o peligrosos para el humano, sin mencionar el efecto bioacumulativo que provoca en el ecosistema. Otra afección importante en éste ámbito, son el uso de semillas genéticamente modificadas, pues éstas tienen el potencial riesgo de generar enfermedades crónicas como cáncer en mamíferos, incluyendo al humano (Ramos, 2013).

Los efectos en el ambiente también son significativos. El uso de estas maquinarias, equipos, técnicas, sustancias y semillas, provoca degradación ambiental, que incluye consecuencias como pérdida de suelo y nutrientes, erosión eólica e hídrica, dificultad de infiltración del agua y recuperación de mantos freáticos, impermeabilidad de la

capa superficial del suelo y escurrimientos de agua, compactación del suelo y pérdida de su estructura así como de los intercambios de iones en el suelo, poca resiliencia en los cultivos, cambios en las propiedades del sustrato, tala de árboles, ausencia de microbiota, entre muchos otros, que a su vez, generan problemas económicos, como la dependencia en insumos externos, disminución de la productividad de los terrenos, incremento de costos operacionales, bajos rendimientos en los cultivos a largo plazo, y más (Ramos, 2013).

6.3.3 AGRICULTURA SUSTENTABLE

En las últimas décadas, los agricultores han estado expresando su preocupación acerca de la erosión del suelo, la fuerza de trabajo, los costos de los insumos causados por los métodos convencionales de producción. Afortunadamente, existen infinidad de opciones alternativas para la labranza del suelo, que rompen con las anteriores creencias y buscan mantener las tierras agrícolas del mundo en una forma sostenible (Benites y Bot, 2013).

Cada perspectiva tiene distintas técnicas y fundamentos teóricos, debido a la temporalidad y contexto ambiental, socioeconómico y geográfico del que parten; sin embargo todas coinciden en un mismo enfoque, el ecocéntrico. Todas las formas de producción alternativas, utilizan diferentes métodos recuperando los conocimientos tradicionales y modernos que consideran convenientes para la elaboración de estrategias de producción de alimentos más justas, sostenibles y ambientalmente viables. Para poder ser capaz de transferir y llevar a efecto esta meta, es necesario comprender algunas de las principales propuestas (Benites y Bot, 2013).

Agricultura biodinámica

El método de agricultura biodinámico se desarrolló por Rudolf Steiner en 1922. Este tipo de agricultura busca trabajar de acuerdo con las energías que crean y mantienen la vida (de griego *bios*, vida; y *dynamis,* energía). Su propósito es asegurar la salud de la tierra y de las plantas, y procurar una nutrición sana para los animales y al ser humano (Pfeiffer, 1992).

Es un método que se enfoca en la elaboración de compost y preparados diseñados para la restauración y revitalización del suelo y del sistema agrícola, basándose en sus ciclos e intercambios ecosistémicos; buscando un equilibrio entre las dinámicas y las interacciones de los elementos inmiscuidos en el sistema, considerando los flujos energéticos y materiales (Richter, 1995). Sus principios básicos son:

Tabla. Principios básicos del método biodinámico.

Principios del método biodinámico
1. Restituir al suelo la materia orgánica para mantener la fertilidad de la tierra (generación de humus de calidad). 2. Crear un equilibrio entre las funciones de la tierra como sistema vivo (existencia de microbiota y sus estabilizadores). 3. Uso juicioso y diverso de minerales y materia orgánica como fertilizantes para la vida de la tierra y la obtención de un humus estable y duradero (porcentajes de cada elemento, tiempos de adición). 4. Uso juicioso de todos los factores que determinan la vida y la salud de la tierra, es decir, de la interacción entre materia y energía (agua, aire, suelo, abono, acolchado, luz solar). 5. Buscar equilibrio entre todos los factores que sostienen y favorecen la vida, como el tipo de elementos involucrados en el compost. 6. Remarcar la importancia de los elementos más sutiles, dentro del desarrollo de las plantas y el mantenimiento de la salud ecosistémica, como hormonas, enzimas y oligoelementos. 7. Uso de rotaciones convenientes permiten restablecer o mantener el equilibrio de la tierra (sembrar cultivos enriquecedores como leguminosas y dar a la tierra tiempo para recuperarse). 8. Cuidar el entorno de los sistemas agroecológicos (contaminación, residuos, combustión, lluvias ácidas, deforestación, erosión equilibrio hídrico, desertización) y restablecer unas condiciones ambientales beneficiosas (protección de bosques, protección contra el viento, regulación de las aguas, restauración de suelo) 9. Asegurar una fertilidad duradera del suelo así como de su estructura física (profunda y aireada) a través de la labranza y adopción de prácticas culturales convenientes a las condiciones de cada sistema.

Elaboración propia con base en Pfeiffer, (1992)

Una de las ventajas de éste método es que cualquier agricultor u horticultor lo puede llevar a cabo aunque sea poco hábil o experimentado, considerando algunos cuidados técnicos para la obtención de resultados, sin embargo no es un método restringido a algún conocimiento científico o que opere bajo requerimientos inalcanzables. Es

calificado como asequible al público en general y no implica mayor cantidad de costos adicionales a la producción convencional (Pfeiffer, 1992).

Agricultura de conservación.

En el pasado, la conservación de suelos fue considerada como un punto de partida para mejorar los rendimientos de los cultivos. La agricultura de conservación es una forma de manejo sostenible de tierras, a condición de tres principios básicos (1) perturbación mínima del suelo, sin labranza, (2) cobertura permanente del suelo y, (3) rotación de cultivos diversos o intercalados (Benites y Bot, 2013).

Se puede practicar en una amplia gama de sitios, en diferentes condiciones socio-económicas y en operaciones agrícolas de diferentes tamaños. La agricultura de conservación tiene ventajas particulares en la lucha contra la erosión y mejora la inɲltración y almacenamiento de agua en el suelo. Es considerado un medio de adaptación al cambio climático (Benites y Bot, 2013).

En su estado clímax, el potencial de rendimiento de la agricultura de conservación es igual o superior, al de la agricultura convencional de labranza. Puesto que no se necesita la labranza del suelo, se produce un ahorro de energía y de capital. Los costos de producción bajan como resultado de estos ahorros, y la emisión de gases de efecto invernadero se reduce (Benites y Bot, 2013).

Puede representar desafíos técnicos al inicio, como mayores costos de mano de obra para el control de malas hierbas y en el uso de los equipos de siembra directa; sin embargo es viable para agricultores de pequeña y gran escala, pues incluso utiliza los residuos de cosecha o rastrojos como alimento para el ganado, y la cubierta permanente del suelo (Benites y Bot, 2013).

Contribuye, a largo plazo, a la conservación del suelo y el agua, mejora la fertilidad del suelo y brinda sostenibilidad ambiental al sistema agrícola y al mismo tiempo aumenta la productividad. Disminuye el uso de energía proveniente de combustibles fósiles, de recursos externos como pesticidas y fertilizantes, mejorando de esta manera el aprovechamiento de los recursos locales disponibles, y aporta a la economía familiar de las comunidades (Benites y Bot, 2013).

Actualmente se practica en alrededor de 12 millones de hectáreas en todo el mundo, especialmente en América Latina, donde representa casi dos tercios de las tierras de cultivo. Estas prácticas aumentan el contenido de carbono en los suelos, mitiga el cambio climático. Sin embargo, todavía hace falta una mayor investigación y adaptación a las condiciones políticas, económicas y sociales para estrategias compatibles con el medio ambiente (Benites y Bot, 2013).

Agricultura orgánica

La agricultura orgánica se basa en la producción libre de agroquímicos sintetizados para la producción de alimentos. Ésta no necesariamente implica la reducción de técnicas industrializadas de manejo, sino que más bien se enfoca en las fuentes e insumos utilizados para la fertilización y desarrollo de los cultivos. Esto tiene impacto en la salud ecosistémica, disminuyendo el riesgo de toxicidad, y, en consecuencia, en el consumo humano limpio y saludable (Soli Association, 2014).

Los principios de la agricultura orgánica consisten en la aplicación de fuentes de insumos y energía alternativos, no provenientes del petróleo o de químicos sintetizados, y el manejo no-tóxico de los cultivos. Estos no necesariamente conllevan un manejo ecológico o tradicional, pues está enfocado en la calidad de consumo del ser humano, sin embargo sí implica una reducción en los perjuiciios ambientales de la producción de alimentos (Soil Association, 2014).

El manejo de cultivos con agricultura orgánica tiene beneficios en la calidad de los productos, pues al ser fertilizados con abonos naturales y no tóxicos, los resultados de rendimiento y cualidades de la cosecha son mejores; beneficios a la salud humana, que consisten en el consumo de alimentos con diversidad de nutrientes y vigorosos, que aportan mejor alimentación que los producidos a partir de químicos; la reducción de la contaminación de suelo, agua y aire por causa de la aplicación de agroquímicos y metales pesados, así como de la evasión del envenenamiento e intoxicación del ecosistema y su bioacumulación en la biota existente (Soil Association, 2014).

Manejar agroecosistemas de producción comercial con este tipo de agricultura, no es un obstáculo para la satisfacción de necesidades humanas y las demandas del

mercado, pues la reducción del uso de agroquímicos y su reemplazo por biopreparados y abonos naturales, no representa una disminución en los rendimientos de cultivo, sino al contrario, busca conservar la fertilidad del suelo a largo plazo, y mejorar la calidad de los productos cosechados con el tiempo (Soil Association y Sustain, 2001).

Agricultura regenerativa

La agricultura regenerativa es una corriente derivada de la agricultura orgánica que consiste en el uso de técnicas e insumos orgánicos, alineados a los cambios en los escenarios actuales causados por el cambio climático, para la recuperación de los agroecosistemas de producción de alimentos, su adaptación, mitigación de perturbaciones, y el aumento en la resiliencia del sistema, así como en sus rendimientos (UNCTAD, 2014).

La agricultura orgánica regenerativa busca mejorar los recursos que utiliza, en vez de deteriorarlos. Es un enfoque holístico de agricultura que promueve la mejora contínua de los sistemas social, ambiental, económico, así como los factores espirituales, psicológicos y culturales a lo largo del proceso de producción de alimentos y regeneración del ecosistema (UNCTAD, 2014).

Esta forma de producir valora, reconoce y utiliza las tendencias naturales del ecosistema para regenerarlo cuando está perturbado. Trata de generar ciclos cerrados de nutrientes; aumento, protección y conservación de la biodiversidad del sistema, y mantener ecosistemas y agroecosistemas perennes, autosostenibles y resilientes a través de técnicas de manejo, nutrición y restauración de suelo y su microbiota, aplicación de coberturas de suelo, asociaciones y rotaciones que ayuden a recuperar los nutrientes del ecosistema, reciclaje de los residuos y rastrojos como insumos de materia orgánica a través del compostaje, manejo de agua, entre muchas otras formas, considerando los tiempos, flujos y dinámicas naturales (UNCTAD, 2014).

Además de los beneficios internos del sistema, produce servicios ambientales a través del manejo, como es el secuestro de CO2, la producción de O2, el tratamiento de los contaminantes en suelo, aire y agua del sistema, la regulación de ciclos

naturales, etcétera, que tienen un impacto positivo en la mitigación del cambio climático y la crisis ambiental actual. Se abarca desde un enfoque complejo, holístico y sistémico, y está alineado con principios y métodos de otras formas de agricultura sustentable, como la agroecología y la agricultura de conservación (UNCTAD, 2014).

Agroecología

El uso del término “agroecología” data de los años 70, pero la ciencia y la práctica de la agroecología son tan antiguos como los orígenes de la agricultura. A medida que los investigadores exploran las agriculturas indígenas, se hace más notorio que muchos sistemas agrícolas desarrollados a nivel local, incorporan rutinariamente mecanismos para acomodar los cultivos a las variables del medio ambiente natural, y para protegerlos de la depredación y la competencia (Altieri, 1999).

Las formas tradicionales de producción utilizan insumos renovables existentes en los ecosistemas locales, sus condiciones, flujos y estructuras. En estos términos, la agricultura involucra la administración de otros recursos además del cultivo propio. Estos sistemas fueron desarrollados para disminuir riesgos ambientales y económicos y mantienen la base productiva de la agricultura a través del tiempo. El conocimiento agronómico descentralizado y desarrollado local y ecocéntricamente es de importancia fundamental para el desarrollo continuado de estos sistemas de producción y, por ende, de la humanidad (Altieri, 1999).

Históricamente, el manejo de la agricultura incluía sistemas ricos en símbolos y rituales, que a menudo servían para regular las prácticas del uso de la tierra y para codificar el conocimiento agrario de los pueblos. La agroecología procura la recuperación de los saberes preexistentes, críticos para la comprensión de la naturaleza, y conjuntarlos con los conocimientos científicos actuales, para así validar y explicitar, las técnicas desarrolladas con anterioridad (Altieri, 1999).

La agroecología incorpora ideas sobre un enfoque de la agricultura más ligado al medio ambiente y más sensible socialmente; centrada no sólo en la producción sino también en la sostenibilidad ecológica del sistema de producción. Implica características más allá de los límites del predio agrícola. En un sentido más restringido, la agroecología se refiere al estudio de fenómenos netamente ecológicos

dentro del campo de cultivo, tales como relaciones depredador/presa, o competencia de cultivo/maleza, y busca aplicarlos en favor del ecosistema y la producción de alimentos y beneficios humanos sistémicos (Altieri, 1999).

6.4 EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD

La sustentabilidad es un concepto que ha buscado hacerse operativo desde los compromisos generados en los encuentros internacionales por el desarrollo sostenible. El uso reciente de los indicadores de desarrollo sustentable, surge tras la cumbre de Rio-92 con la firma de compromisos de la Agenda 21. En el capítulo 40, se llama a desarrollar indicadores que permitan la medición y seguimiento del desarrollo sustentable, centrando su concepto en tres ejes temáticos: la economía, la sociedad y la ecología. Las funciones de estos indicadores son: (1) Visualizar los objetivos y metas a futuro. (2) Permitir análisis comparativos en el tiempo y el espacio. (3) Proporcionar información relevante para la toma de decisiones. (4) Anticipar situaciones de riesgo o conflicto. A su vez, el concepto de indicadores participativos de desarrollo sustentable se generan a partir de los procesos de construcción de la Agenda 21 Local tras la necesidad de integrar la a los actores involucrados en los procesos de desarrollo sustentable. Hay que tener en cuenta que las diferencias a la hora de abordar la idea de sustentabilidad corresponden al tipo de enfoque epistemológico que se adopte (Cerón *et al,* 2014).

En Latinoamérica ha ocurrido un desarrollo remarcable en las metodologías de evaluación de agroecosistemas que buscan hacer operativo el concepto de sustentabilidad utilizando pensamiento sistémico y análisis complejos a través de indicadores. Éstas Herramientas consisten en ser evaluaciones multivariables que implican la integración de diferentes dimensiones a través de indicadores de sustentabilidad para determinar el nivel de desarrollo sostenible de un agroecosistema. Las principales metodologías aplicadas son el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) desarrollado en México por Masera *et al*. (2000); la nueva propuesta metodológica para la evaluación de agroecosistemas basado en el marco conceptual de sustentabilidad, creado en Buenos Aires, Argentina por Santiago J. Sarandón

(2009) como complemento del MESMIS; y el uso de índices de indicadores de sustentabilidad, como el Índice de Sustentabilidad de Sistemas Productivos Agrícolas (ISSPA) utilizado en Colombia para la simplificación en la medición de indicadores (Cerón *et al.*, 2014).

Además del uso de este nuevo enfoque metodológico, principalmente en las regiones del sur, se han utilizado técnicas participativas como herramienta de investigación principal para la construcción de indicadores y el levantamiento de información útil para la interpretación de resultados, así como el involucramiento de los actores involucrados en el manejo de los agroecosistemas estudiados, con el propósito de promover la apropiación del proyecto y así la generación de propuestas endógenas que permitan mantener o mejorar el grado de desarrollo sostenible de los agroecosistemas estudiados y así hacer operativo el concepto de sustentabilidad.

Éstos modos de abordaje, usualmente van acompañados de criterios e indicadores de sustentabilidad existentes en la legislación de la región donde se realiza la investigación, cuando existen marcos de referencia aplicables dentro del sitio de estudio y cumple con los objetivos de investigación. En el caso de estudios globales o en latinoamérica, se utilizan como marco de referencia los conceptos y principios de los ODS (2010), y las normas ISO vinculadas a la sustentabilidad; y en el caso de México, se utilizan algunas Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas para definir criterios e indicadores de evaluación en sistemas agropecuarios.

6.4.1 MARCO PARA LA EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE MANEJO DE RECURSOS NATURALES INCORPORANDO INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

El Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) es una de las primeras metodologías en nacer a partir de la publicación de la Agenda 21 para la evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas, pues se desarrolló a finales de la década de los noventa, teniendo como base el Marco de Evaluación de Manejo Sustentable de Tierras desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación en 1994 (Martínez *et al*., 2015).

Es una de las herramientas más utilizadas en los países latinoamericanos desde entonces, llegándose a aplicar en más de 60 casos de estudio y considerándose hoy en día esencial para apoyar la toma de decisiones. Tiene el propósito de evaluar la sustentabilidad de los sistemas que involucran el manejo de recursos naturales, entre ellos, los sistemas agrícolas, y hacer operativo el concepto de sustentabilidad (Martínez *et al.*, 2015).

El MESMIS es una herramienta metodológica que permite evaluar la sustentabilidad de sistemas de manejo de recursos naturales y así proporcionar recomendaciones que mejoren las posibilidades de desarrollo sustentable de estos sistemas. Está orientada a contextos locales campesinos, y busca entender de manera integral las limitantes y posibilidades relativas y/o comparativas de sustentabilidad de los sistemas de manejo a partir de un análisis de estructura sencilla y flexible, adaptable a los diferentes niveles de estudio y capacidades técnicas de cada caso particular (Masera *et al.*, 2000).

Es un método multiescalar y adecuado para el entendimiento de sistemas complejos, compatible con múltiples herramientas de relevamiento, análisis y síntesis de la información, adaptable en diferentes contextos, que no sólo logra integrar diferentes disciplinas, relacionar información cualitativa con cuantitativa y generar análisis multicriterio de un sistema, sino también incluir la participación de los actores involucrados durante el proceso de investigación y toma de decisiones respecto al manejo de los sistemas agroecológicos (Astier *et al*., 2008).

Para hacer operativa la metodología, se relacionan tres áreas de evaluación que se consideran puntos críticos en la sustentabilidad, el ambiental, social y económico (ONU, 1987). En cada área de evaluación se definen criterios e indicadores. La información obtenida se integra utilizando técnicas de análisis multicriterio con el fin de determinar la sustentabilidad del manejo en un sistema y brindar sugerencias para mejorar su estado (Masera *et al.*, 2000). Para esto, la metodología se compone en un ciclo de evaluación que consiste en la operación de 6 pasos:

Tabla. Ciclo de evaluación del MESMIS

Tomado de Mesera *et al.* (2000) Pp.33

1. Definición del objeto de evaluación. Definición y caracterización del sistema de manejo a evaluar y su contexto socio ambiental; así como los atributos de la zona y el sistema de referencia a comparar.

2. Identificación de los puntos críticos del sistema. Distinguir los aspectos o procesos que fortalecen la capacidad de los sistemas de sostenerse en el tiempo y relacionarlos con los atributos de sostenibilidad.

3. Selección de los criterios de diagnóstico e indicadores que permitan evaluar el grado de sostenibilidad de los sistemas y sirvan de vínculo con los atributos de sustentabilidad planteados.

4. Medición y monitoreo de los indicadores. Construcción del proceso de evaluación del sistema a través del tiempo, ya sea por (a) tendencias (b) parcelas experimentales (c) medición directa (d) modelos de simulación (e) encuestas, entrevistas o técnicas grupales.

5. Presentación e integración de resultados. comparación de la sustentabilidad de los sistemas de manejo analizados a través de la estandarización y ponderación de escalas, el uso de análisis multicriterio y la presentación de (a) matrices (b) umbrales (c) tablas o gráficas (d) índices (e) redes y relaciones.

6. Conclusiones y recomendaciones sobre los sistemas. Síntesis del análisis y propuesta de sugerencias para fortalecer la sustentabilidad de los sistemas de manejo y el proceso de evaluación (Masera *et al.*, 2000).

Así mismo, es necesario considerar algunos principios y premisas generales:

Tabla. Premisas generales del MESMIS

Premisas generales para evaluar la sustentabilidad de un sistema de manejo a partir del MESMIS
1. El concepto de sustentabilidad se define a partir de cinco atributos de los agroecosistemas (a) productividad; (b) estabilidad, confiabilidad y resiliencia; (c) adaptabilidad; (d) equidad y (e) autodependencia (autogestión) 2. La evaluación de la sustentabilidad es válida para (a) sistemas de manejo en un determinado lugar geográfico y bajo un determinado contexto social y político (b) una escala espacial previamente determinada y (c) una escala temporal previamente determinada. 3. La evaluación de la sustentabilidad es una actividad participativa que requiere de una perspectiva y un equipo de trabajo interdisciplinarios que incluya tanto evaluadores externos como los involucrados directos. 4. La sustentabilidad no puede evaluarse per se sino de manera comparativa o relativa. Para esto existen dos vías fundamentales: (a) comparar la evolución de un mismo sistema a través del tiempo (comparación longitudinal) o (b) comparar simultáneamente uno o más sistemas de manejo alternativo o innovador con un sistema de referencia (comparación transversal) 5. La evaluación de sustentabilidad es un proceso cíclico que tiene como objetivo central el fortalecimiento tanto de los sistemas de manejo como la metodología utilizada.

Elaboración propia con base en Masera *et al*. (2000) Pp. 27

Las ventajas de utilizar esta metodología son que (1) es sencillo de aplicar por equipos multidisciplinarios con técnicas y capacidades diversas. (2)" Es flexible, se adapta a diferentes sistemas de manejo y contextos económicos, sociales, y ambientales. (3) Permite identificar fortalezas y debilidades que sostienen al sistema en el tiempo. (4) Hace operativo el concepto de sustentabilidad. (5) Permite plantear estrategias

principalmente técnicas y de política que guían los procesos de planeación y de toma de decisiones, con el propósito de mejorar y lograr agroecosistemas más sustentables. (6) Ofrece un marco analítico para comparar sistemas de manejo, priorizando y seleccionando un conjunto de indicadores estratégicos de las distintas áreas de evaluación de la sustentabilidad (económica, social y ambiental). (7) Es incluyente, pues la evaluación requiere de la participación de productores, académicos, organizaciones sociales, gobierno, entre otros actores interesados (Martínez *et al.*, 2015).

Originalmente el marco MESMIS se propuso para la evaluación de sistemas de producción campesinos de México, y aunque después se extendió a usos en otras regiones del mundo, sigue siendo el marco metodológico más utilizado en la mayoría de las evaluaciones de sustentabilidad en agroecosistemas mexicanos. Sin embargo también existen aplicaciones de otras propuestas metodológicas en menor escala, como el uso de índices y perspectivas orientadas a los actores sociales (Martínez *et al.*, 2015).

6.4.2 EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN AGROECOSISTEMAS BASADO EN EL MARCO CONCEPTUAL DE SUSTENTABILIDAD

Por su parte, Sarandón y Flores (2009) proponen un giro en la forma de abordar la evaluación de la sustentabilidad de los ecosistemas, al desarrollar una nueva metodología que consiste en una serie de pasos que conducen a la obtención de un conjunto de indicadores adecuados para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas basado en el marco conceptual de sustentabilidad que ayude a identificar las necesidades de cada caso particular de estudio, y a determinar los objetivos y alcances de la investigación.

Esta metodología fue desarrollada en Buenos Aires, Argentina y busca ser sencilla, de bajo costo y que permita evaluar aquellos aspectos que comprometen el logro de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas en el contexto principalmente latinoamericano pero también de todo el mundo. Se trata de catorce pasos principales que orientan la construcción de indicadores de sustentabilidad adecuados al caso de estudio (Sarandón y Flores, 2009).

Figura 1. Pasos metodológicos para la construcción de indicadores de sustentabilidad.

Tomado de: Sarandón y Flores (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. Pp.20

1. Establecer y definir el marco conceptual de la sustentabilidad. Definir la escala temporal, requisitos y criterios de sustentabilidad, grado de sustentabilidad (débil o fuerte) y el sistema de valores o ideas que rige la sustentabilidad.

2. Definir los objetivos de la evaluación. ¿Qué se va a evaluar?, ¿Por qué se va a evaluar?, ¿Para qué se va a evaluar?, ¿Quién es el destinatario de la evaluación? para adaptar la metodología al requerimiento de los usuarios.

3. Caracterizar el sistema a evaluar. Definir el nivel de análisis, los límites del sistema, los componentes del mismo y sus niveles jerárquicos. Analizar las interrelaciones entre los componentes, distinguir las entradas y salidas y detectar las consecuencias de las acciones humanas sobre el sistema en estudio.

4. Relevamiento inicial de datos. Búsqueda y análisis de la información sobre el sistema: características de la zona, latitud, altitud, suelo, clima, vegetación, fauna, agricultura, aspectos socioculturales. Basarse en mapas, cartas topográficas, censos, series históricas y todo otro dato ecológico, económico, sociocultural.

5. Definición de dimensiones de análisis. Éstas surgen de la definición de agricultura sustentable que se haya adoptado en el marco conceptual y la selección de los requisitos que debe cumplir.(usualmente son económica, social y ecológica).

6. Definición de categorías de análisis, descriptores e indicadores. Desarrollar un conjunto de indicadores para evaluar cada una de las dimensiones en función del marco conceptual adoptado. Definir niveles de evaluación y tipo de indicador.

7. Estandarización y ponderación de los indicadores. Convertir los indicadores en una misma escala de unidades del mismo valor para facilitar la comparación entre diferentes variables en la interpretación de resultados. Decidir el peso o importancia relativa de los diferentes indicadores respecto al funcionamiento del sistema.

8. Análisis de la coherencia de los indicadores con el objetivo planteado. Debe analizarse si la utilización de los indicadores es pertinente para la investigación y permite cumplimentar los objetivos definidos.

9. Preparación para la obtención de datos a campo. Preparación de encuestas o entrevistas adecuadas al objetivo elegido y las características de los entrevistados.

10. Toma de datos. Obtención de información mediante encuestas o entrevistas, datos a campo y/o análisis de laboratorio, o recopilación bibliográfica.

11. Análisis y presentación de los resultados. En un diagrama se representan los valores de los indicadores obtenidos y se comparan con una situación ideal para detectar los puntos críticos de cada sistema, y síntesis de la información obtenida.

12. Determinación de los puntos críticos a la sustentabilidad. Detectar los puntos del manejo del sistema que comprometen la sustentabilidad, así como las causas que originan estos problemas con el fin de promover el avance hacia la sustentabilidad.

13. Replanteo de los indicadores. Si existen dudas acerca de los resultados, o si se considera que la metodología no estuvo adecuada a los objetivos, o que los resultados son muy diferentes de lo esperado, replantear indicadores.

14. Propuestas de corrección y /o monitoreo. A partir del diagnóstico, se pueden proponer medidas correctivas de estos puntos críticos y efectuar un monitoreo de los mismos en el tiempo. Elaborar un conjunto de indicadores y objetivos que permitan realizar un seguimiento de la evolución de los aspectos detectados.

Los indicadores son una variable seleccionada y cuantificada que nos permite ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable. Debido a la complejidad propia de la sustentabilidad, lo que se pretende con los indicadores es la simplificación de la realidad; para su elaboración, Sarandón (2010) menciona las características que hay que tener en cuenta a cumplir:

Tabla 1. Características de los indicadores de sustentabilidad

Características de los indicadores de sustentabilidad
● Estar estrechamente relacionados o derivados con los requisitos de la sustentabilidad ● Ser adecuados al objetivo perseguido ● Ser sensibles a un amplio rango de condiciones ● Tener sensibilidad a los cambios en el tiempo ● Presentar poca variabilidad natural durante el periodo de muestreo ● Tener habilidad predictiva ● Ser directos: a mayor valor, más sustentables ● Ser expresados en unidades equivalentes mediante escalas cuantitativas apropiadas. ● Ser de fácil recolección, uso y confiables.

- No ser sesgados (ser independientes del observador o recolector)
- Ser sencillos de interpretar y no ambiguos
- Presentar la posibilidad de representar valores umbrales, es decir, valores por debajo del cual la sustentabilidad del sistema evaluado se verá seriamente comprometida
- Ser robustos e integradores (brindar y sintetizar buena información)
- Dar características universales pero adaptados a cada condición en particular
- El uso de indicadores debe permitir comprender perfectamente, sin ambigüedades, el estado de sustentabilidad de un agroecosistema.
- Consensuar una definición de agricultura sustentable con las condiciones necesarias para su logro
- Definir los objetivos de la evaluación
- Definir el ámbito o nivel de análisis.
- Definir una escala temporal adecuada
- Desarrollar los indicadores, derivados de los atributos de sustentabilidad
- Estandarizar y ponderar los indicadores según la situación a analizar. Evaluar la dificultad de obtención, su confiabilidad y pertinencia
- Realizar la toma de datos y cálculo de indicadores
- Traducirlos a una representación gráfica adecuada
- Ser independientes del observador en la determinación del valor del indicador. Evitar utilizar indicadores ambiguos
- Fácil interpretación, es decir que la lectura del valor en que se expresa nos indique rápidamente una idea de lo que está pasando.

Elaboración propia. Con base en Sarandón (2010) en El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas; y Sarandón y Flores (2009) en evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica.

Esta metodología fue desarrollada en la última década, por lo que se considera una herramienta innovadora adecuada para evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas, posibilitando hacer operativo y medible el concepto de sustentabilidad. Transforma aspectos complejos en valores claros, sencillos y objetivos que conducen a conocer el impacto que las prácticas de manejo tienen sobre la sustentabilidad de los agroecosistemas. Permite la integración de los indicadores y detección de puntos críticos de la sustentabilidad del sistema. Es sencilla, universal y flexible, adaptable a diferentes situaciones, problemáticas y escalas. Está basada en un abordaje holístico y facilita clarificar los aspectos que merecen un análisis más detallado. Contiene un alto componente de subjetividad y dependencia en el marco conceptual para la determinación de objetivos, indicadores y ponderación de variable; por ende, debe ser readecuado a cada caso de estudio (Sarandón y Flores, 2009).

6.4.3 EVALUACIÓN DE AGROECOSISTEMAS A PARTIR DE ÍNDICES DE SUSTENTABILIDAD

Finalmente, el abordaje de la evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas a través de índices de sustentabilidad es una de las técnicas más sencillas y prácticas para realizar este tipo de análisis. Usualmente, estos índices se basan en normas y leyes vinculadas a la conservación y cuidado ambiental, así como desarrollo social y económico aplicadas en una región específica; o normas técnicas y certificaciones que regulan la calidad de productos vinculados al sector agrario, alimentario yde salud, y reglamentan los criterios necesarios para ser considerados sustentables, orgánicos, ecológicamente amigables, entre otros.

El Índice de Sustentabilidad de Sistemas Productivos Agrícolas (ISSPA) es una metodología de evaluación sencilla donde a través de indicadores se evalúa la sustentabilidad de un agroecosistema de acuerdo a umbrales bajo la misma escala para diferentes dimensiones Cerón *et al*. (2014). Éstos umbrales se establecen de acuerdo a los requisitos de las normas utilizadas para definir los indicadores de sustentabilidad del agroecosistema o un área de su producción. Se establecen rangos multi escalares para medir los aspectos seleccionados del agroecosistema a través de indicadores, y posteriormente son estandarizados y ponderados para la determinación del nivel de sustentabilidad que alcanza el sistema en cada aspecto evaluado, para finalmente realizar la interpretación de los resultados.

A pesar de ser una metodología reciente, no abarca a profundidad la complejidad de los sistemas estudiados al tener un alto grado de subjetividad en la medición de los indicadores y al no incorporar herramientas de estudio que complementen la evaluación desde el análisis objetivo y cuantitativo de los factores involucrados, por lo que no es adecuada para los objetivos de la investigación presente.

6.5 MÉTODO DE ANÁLISIS MULTICRITERIO

Durante las últimas dos décadas, se han desarrollado herramientas de valoración holísticas que respondan a la necesidad de albergar una mayor gama de criterios que permitan entender realidades complejas. Dentro de estas herramientas, surge el

Método de Análisis Multicriterio como una propuesta metodológica para facilitar el análisis y la toma de decisiones de problemas complejos donde intervienen múltiples variables, como son las problemáticas socioambientales, la planeación de proyectos de restauración o el manejo del territorio. (Acosta y Corral, 2017)

Debido a la vinculación inherente entre el análisis de las problemáticas y la toma de decisiones estratégicas para su resolución, Acosta y Corral (2017) nombran al método como un Método de Análisis y Decisión Multicriterio y mencionan que éste puede tener distintos grados de participación técnica y social durante el proceso, dependiendo de la complejidad, objetivos y alcances del proyecto; sin embargo destacan que la participación social provee de información sobre intereses y la propuesta de alternativas que a nivel técnico pueden pasar desapercibidos.

Este tipo de análisis también facilita la toma de decisiones y la aceptación del proyecto en la gente una vez implementado, pues permite la expresión e identificación de necesidades, percepciones, y visión de los actores involucrados y propicia la educación ambiental durante el proceso de análisis; por lo tanto genera una toma de decisiones más justa e integral.

Por su parte, Aranda y Herath (2009) proponen al Método de Análisis multicriterio como una alternativa a la toma de decisiones de fin únicamente economicista o cuantitativa, que muchas veces limita la satisfacción de necesidades e intereses de todos los actores de un territorio; pues, además de ser un método utilizado en distintos ámbitos del área ambiental (agricultura, manejo de recursos, gestión de bosques), incluye las voces de la sociedad que se encuentra involucrada en el mantenimiento de proyectos, y los vuelve viables, además de rentables.

Existen varios modelos de aplicación de análisis multicriterio, dependiendo del tipo de variables a considerar en el estudio y los objetivos de investigación. Aranda, y Herath, (2009) realizan un meta-análisis con alrededor de 60 artículos donde se utilizó el Método de Análisis Multicriterio para la planeación y gestión forestal desde diferentes modelos.

Entre los modelos más utilizados se encuentran el Proceso analítico de Jerarquización (Analytic Hierarchy Process, AHP), la teoría de multivalor (Multi-attribute value theory, MAVT), y la teoría de utilidad múltiple (Multi-attribute Utility theory, MAUT) y posteriormente algunos híbridos de estos métodos con otros modelos de investigación participativa, emergentes por la necesidad de abarcar otros aspectos de la realidad.

Proceso analítico de jerarquización

El Proceso Analítico de Jerarquización es uno de los modelos más utilizados en la metodología de Análisis Multicriterio (Kangas, *et al*. 2008). Fue creado por Saaty, R. (1987) y consiste en la asignación de pesos a las variables integradas en el análisis de acuerdo a las prioridades del estudio determinadas por los objetivos de investigación. Es el más recomendable para integrar variables multidimensionales, como es el ámbito multidisciplinar de la sustentabilidad (Chandra *et al.*, 2007). Los pasos para la integración de indicadores en el método de análisis multicriterio utilizando el proceso analítico de jerarquización son:

- Definición de unidad de análisis: caracterización e identificación de las fortalezas y debilidades del sistema estudiado
- Asignación de criterios: determinación de las dimensiones, criterios e indicadores para la evaluación de los sistemas.
- Levantamiento de información: evaluación de los sistemas de acuerdo a los indicadores y escalas determinadas anteriormente
- Normalización de escalas: estandarización y normalización de los datos bajo una misma escala, para la posterior integración y comparación de los criterios dentro de un mismo análisis.
- Ponderación: determinación de los pesos de cada uno de los criterios a partir de la comparación pareada (contraponer el peso entre pares de criterios o indicadores) o la asignación manual de valores para priorizar los más relevantes de acuerdo a los objetivos de investigación.
- Integración de criterios: realizar una suma ponderada de los valores asignados a cada alternativa y compararlos.

(Faúndez, 2014; González *et al*., 2016)

6.6 INVESTIGACIÓN-ACCIÓN PARTICIPATIVA

La Investigación Acción Participativa (IAP) o Investigación Participativa (IP) o Investigación Acción (IA) surge en la década de 1970 en América Latina, Asia y África como respuesta a las problemáticas de la época, en favor de la justicia social y el activismo político, incluyendo al área académica como actores en el cambio de perspectiva. Es un enfoque de investigación dirigido al cambio social con la participación de la gente. Consiste en un conjunto de corrientes y aproximaciones a la investigación que tienen en común tres pilares (1) Investigación. Creencia en el valor y el poder del conocimiento y el respeto hacia sus distintas expresiones y maneras de producirlo (2) Participación. Enfatizando los valores democráticos y el derecho a que las personas controlen sus propias situaciones y destacando la importancia de una relación horizontal entre los investigadores y los miembros de una comunidad; y (3) Acción. Como búsqueda de un cambio que mejore la situación de la comunidad involucrada (Zapata y Vidal, 2016).

Ésta perspectiva es esencial para el éxito de los trabajos de estudio que implican la resolución de problemas complejos y la interacción de múltiples actores, que deben ser involucrados durante los procesos de investigación. Está estrechamente vinculada al pensamiento sistémico y desarrollo sustentable, pues es una herramienta que ayuda a abordar los problemas desde su holisticidad y complejidad, generando diálogos de saberes y áreas de estudio, así como permite a los actores ser parte del proceso desde el diagnóstico hasta la propuesta de soluciones, monitoreo y evaluación de las mismas, convirtiéndose en actores de cambio y en sujetos de sus propio desarrollo (Geilfus, 2009).

La IAP se enmarca en nuevos paradigmas que desafían el paradigma positivista convencional y critican su invalidación de los saberes y formas de conocimiento no predictivo/acumulativo, así como su legitimación de formas de dominación y exclusión social. La IAP tiene, al igual que la investigación “convencional”, el potencial de generar conocimiento científico si se realiza adecuadamente, sin embargo busca generar un diálogo fructífero entre el conocimiento científico y los saberes locales, partiendo de las perspectivas y prioridades de la población, prestando atención y reconociendo las diversas maneras de generar conocimiento (Zapata y Vidal, 2016).

Existen varios niveles de participación dentro de la Investigación-Acción Participativa, dependiendo del objetivo y alcances de la investigación, tomando en cuenta el contexto y la disposición de los actores, así como las habilidades del técnico que facilitará el proceso. El nivel de participación, permeará en los resultados de investigación, así como el impacto de ésta en el desarrollo de los actores, por lo que se busca el mayor grado de participación posible (Zapata y Vidal, 2016).

Diagrama. Niveles de Participación

Tomado de Geilfus, 2009 en “80 Herramientas para el Desarrollo Participativo” Pp. 3

1. Pasividad. las personas no tienen ninguna incidencia en las decisiones y la implementación del proyecto.

2. Suministro de información. Las personas participantes respondiendo a encuestas, mas no en la toma de decisiones.

3.Participación por consulta. Las personas son consultadas por agentes externos que escuchan su punto de vista sin tener incidencia sobre las decisiones.

4. Participación por incentivos. Las personas participan a cambio de incentivos y son indispensables en la investigación, mas no en la toma de decisiones.

5. Participación funcional. Las personas participan formando grupos de trabajo en objetivos predeterminados del proyecto, el monitoreo y el ajuste de actividades.

6. Participación interativa. Los grupos locales organizados participan en la formulación, implementación y evaluación del proyecto, son procesos de enseñanza-aprendizaje y apropiación del proyecto.

8. Auto-desarrollo. Los grupos locales organizados toman iniciativas y decisiones. Las intervenciones externas se hacen en forma de asesoría (Geilfus, 2009).

Usualmente se utilizan herramientas complementarias para asegurar el proceso participativo, como (1) dinámicas de grupos, (2) técnicas de visualización, (3) técnicas de entrevista y comunicación oral (4) técnicas de observación de campo, entre otras de innovación; y son utilizadas con diferentes propósitos, dependiendo de los objetivos de investigación y proceso metodológico. Pueden servir para realizar diagnósticos, análisis de problemas, identificación de soluciones, planeaciones, monitoreo y evaluación (Geilfus, 2009).

Como complemento al desarrollo y uso de nuevas metodologías para la evaluación de la sustentabilidad, Silva-Santamaría y Ramírez-Hernández (2016) proponen el uso de herramientas participativas para la generación y ponderación de indicadores, que también se menciona dentro de los principios y pasos del MESMIS como perspectiva y herramienta de estudio que debe ser considerado durante el proceso de investigación, pues es necesario al atender problemáticas dentro del contexto latinoamericano, mexicano y especialmente en el estudio de la sustentabilidad de agroecosistemas (Masera *et al.*, 2000).

VII. ZONA DE ESTUDIO

San Jerónimo Tecuanipan es un municipio ubicado en la ladera norte del Popocatépetl cuyo nombre proviene de las voces nahuas: Tecuani (fiera o lobo), y pan, (en o sobre) y significa "donde hay lobos y animales feroces". Antiguamente se consideraba un asentamiento humano donde se establecieron comunidades del grupo náhuatl durante el tiempo de los aztecas. En 1895 se erige el municipio libre por decreto. Se llama San Jerónimo por su patrono religioso (INAFED, 2010).

Mapa. San Jerónimo Tecuanipan, Puebla.

Tomado de INAFED (2010)

Se localiza en la porción meridional del valle de Puebla, en la parte centro Oeste del Estado, formando parte del sector principal de la altiplanicie poblana (SEDESOL, 2013; INAFED, 2010) sobre la provincia del Eje Neovolcánico y la subprovincia de los lagos y volcanes de Anáhuac (INEGI, 2009). Así mismo se ubica en la parte occidental de la cuenca alta del Atoyac, una de las cuencas más importantes del estado, pues de ella depende el abasto de agua de los municipios aledaños incluyendo la capital del Estado (INAFED, 2010).

Esto quiere decir que es un territorio que cuenta con topografía más o menos plana, apta para la agricultura y vivienda, con algunos cerros, parte del volcán Popocatépetl y parte de la cuenca del Atoyac, peculiaridad ante otros municipios del estado de Puebla. Es reconocido por su producción de frijol de excelente calidad, así como por la práctica de agricultura como actividad económica (Casita de barro, 2013).

El municipio comprende una superficie de 39.72km^2 dentro del Estado de Puebla, lo que representa el 0.12% del territorio estatal (INAFED, 2010). Colinda al norte con los municipios de Calpan y San Pedro Cholula; al este con los municipios de San Pedro Cholula, San Andrés Cholula, San Gregorio Atzompa; al sur con los municipios de

San Gregorio Atzompa, Santa Isabel Cholula y Tianguismanalco; al oeste con los municipios de Tianguismanalco, Nealtican y CalpanSus coordenadas geográficas son: los paralelos 19º 00' 00'' y 19 º 04' 24'' de latitud norte y los meridianos 98º 20' 36'' y 98º 24' 54'' de longitud occidental (INEGI, 2009).

Dentro del municipio se cuenta con siete localidades rurales; La providencia, San Pedro los Pinos, Los Reyes Tlanechicolpan, San Miguel Papaxtla, Las Ventas, El capricho, San Jerónimo Tecuanipan, Tehuixtitla; y tres localidades urbanas rurales, al sureste se encuentra San Miguel Papaxtla, al suroeste medio San Jerónimo Tecuanipan y al sureste Los Reyes Tlanechicolpan (en estas localidades la predomina la actividad agrícola) (INEGI, 2009).

Las actividades económicas principales de estas localidades son la agricultura y la minería de piedra cantera, debido a la ventajosa ubicación del municipio con las faldas del volcán popocatépetl, donde existe acceso directo a las fuentes de piedra por la condensación de lava volcánica, creando en superficies rocosas aprovechables para minería y conservación de relictos forestales, y a suelos fértiles en la zona del valle, ricos en nutrientes y relieves regulares, cercanos a fuentes de agua superficial, ideal para actividades agrícolas y asentamientos humanos (Márquez, *et al.,* 2019; Hernández *et al.*, 2019).

7.1 CONTEXTO AMBIENTAL

El territorio tiene 5 tipos de suelo: Cambisol Vértico, Feozem Haplico, Fluvisol Eutrico, Litosol y Regosol Eutrico siendo el Regosol el dominante y el Feozem su consecuente (INIFAP y CONABIO, 1995). Estos suelos convergen en ser oscuros, jóvenes, poco profundos y fértiles, ligeramente ácidos y limitados por roca; contienen abundantes acumulaciones de arcilla, materia orgánica y nutrientes (calcio, hierro, magnesio), vinculados a vegetación forestal, poco árida y riparia; suelen ser utilizados para la agricultura y pastoreo, o vegetación originaria (INEGI, 2010).

Mapa. Tipos de suelo en San Jerónimo Tecuanipan

Elaboración propia con base en INIFAP y CONABIO (1995)

Sin embargo, actualmente se ha observado la predominancia de arenosol (suelo arenoso en más del 80% de su estructura, de textura gruesa, de alta permeabilidad, baja retención de agua y nutrientes y fácilmente erosionable) en el campo, probablemente provocada por agricultura. Son pocas las parcelas que presentan suelos como el Feozem, oscuros, ricos en nutrientes y materia orgánica. (Márquez, *et al.,* 2019; Hernández *et al.*, 2019).

Debido a las prácticas intensivas sin tiempos de recuperación, existe degradación química y eólica con pérdida de suelo, ocasionada por la agricultura en todo el municipio. De acuerdo a los datos cartográficos, el grado de degradación es ligero en la mayoría del municipio , excepto en la punta Este, donde es moderada (SEMARNAT, 2004), sin embargo, pueden observarse parcelas mediana o completamente erosionadas, e incluso suelo desnudo, principalmente en los terrenos utilizados para agricultura intensiva y adición de agroquímicos durante muchos años. También se encuentran terrenos abandonados donde comienzan a suceder procesos de restauración natural de la vegetación nativa, que son interrumpidos por falta de

material genético disponible (semillas de encino, pino y arbustos de bosque de *Quercus*) o por constante perturbación, como incendios, basura y pastoreo (Márquez, *et al.,* 2019; Hernández *et al.*, 2019).

Mapa. Degradación del suelo en San Jerónimo Tecuanipan

Elaboración propia con base en SEMARNAT (2004)

El municipio se encuentra casi totalmente ocupado por agricultura, articulada con la mancha urbana en el sureste, y con poca vegetación nativa, la mayoría secundaria. Los tipos de agricultura que se encuentran son: Agricultura de Riego Anual y Semipermanente; Agricultura Temporal Anual; Agricultura de Temporal Anual y Permanente; y Agricultura de Temporal Anual y Semipermanente. Se puede observar que es muy poco el uso de sistemas de riego. Los cultivos más frecuentes son maíz, frijol, cebada, trigo y avena, así como frutales, principalmente, durazno, manzana y aguacate (INEGI, 2016).

Mapa.Uso de Suelo en San Jerónimo Tecuanipan en 2016

Elaboración propia con base en INEGI (2016)

Al igual que la mayoría de las superficies de encinar en México, éstas se encuentran ocupadas para uso humano, principalmente para agricultura temporal. Los relictos de vegetación Secundaria arbustiva de bosque de Pino y Encino son casi nulos. (INEGI, 2016; Rzendowsky, 2006). El bosque de encino pino es uno de los más afectados por las actividades humanas, pues ocupan regiones favorables tanto para la agricultura como para asentamientos humanos. Se conocen bosques instalados en roca madre en las faldas del volcán, y bosques de suelos planos y profundos en los valles y planicies, donde se encuentra altamente perturbado (Rzedowski, 2006)..

En el caso de Tecuanipan, se encuentran los dos tipos de manchones, el primero ubicado en las faldas del volcán, donde llega la espuma de lava y se convierte en superficie rocosa, y la otra en los valles y planicies, donde se encuentra altamente perturbado por las actividades humanas Este ecosistema se encuentra tanto en pendientes planas como pronunciadas, y se distribuye tanto en superficies rocosas, cerca de arroyos, montañas y planicies, y se asocia a otros ecosistemas, de tipo arbustivo, como pastizales y matorrales (Rzedowski, 2006).

Dentro del municipio se halla matorral templado o subpolar en la punta norte y en la punta este; y pastizal templado o subpolar en parches dispersos del lado oeste, sur y suroeste (INEGI, 2016). Ambos se vinculan al tipo de suelo y condiciones climáticas, sin embargo no aparentan ser el ecosistema nativo en todas las zonas (CCRS *et al.*, 2010), pues el municipio se encuentra en un espacio geográfico con las condiciones climatológicas y geográficas necesarias para la existencia de bosque de coníferas y encinos como ecosistema nativo (Rzendowski 1990).

Los bosques de Quercus o encinares se encuentran en la mayor parte de las zonas templadas de México, sin embargo también penetran en zonas calientes y tienen una fuerte correlación con los pinares o bosques de coníferas. Estos llegan a ocupar el 5.5% de la superficie del país. Se hallan principalmente entre 1200 y 2800 msnm, sin embargo también se encuentran al nivel del mar o en zonas muy altas de hasta 3000 msnm. En México se caracterizan por tener un follaje grueso y rígido, esclerófilo –poco común en climas húmedos- como estrategia de resistencia a las sequías (Rzedowski, 2006).

La extensión del municipio y la poca varianza en su relieve, permite que toda le región sea homogénea en el tipo de ecosistema potencial, pues éste se puede establecer tanto en suelos someros, como en profundos o incluso en roca madre, observándose algunos relictos de matorral únicamente en montes con sustratos más salinos y expuestos a la radiación solar (Rzendowski, 1990). A pesar de ser un ecosistema caracterizado por suelos húmedos, en Tecuanipan El Río Nexapa es la única corriente superficial que pasa y forma parte de la cuenca alta del Atoyac; y en conjunción con los subterráneos, es de crucial importancia para el abastecimiento hídrico tanto de los pobladores del municipio, como de la ciudad de Puebla. (Maderey y Torres, 1990).

San Jerónimo Tecuanipan tiene un clima templado subhúmedo con lluvias en verano categorizado como Cw2 en la clasificación climática de Köppen modificada por Enriqueta García (García[2], 1998). Su temperatura media oscila entre -3 a 18°C, pues aunque se propone originalmente por Köppen que el clima templado llega a una baja de 0°, la región central de México, donde se ubica Tecuanipan, tiende a ser más

extremo el intervalo. Las temperaturas del municipio tienden a ser templadas por la altura en la que se encuentra ubicada.

Se considera una zona subhúmeda, con verano caliente con lluvias e invierno seco de temperatura baja, pues la mayoría de la lluvia se concentra entre los meses de mayo y octubre, mientras que en noviembre a abril es menor al 5% anual. A pesar del bajo porcentaje de precipitación en invierno, durante los meses de abril a noviembre, éste tipo de ecosistema es uno de los más húmedos subgrupos de los bosques templados, mas no los más cálidos; la temperatura va subiendo casi a la par que la precipitación, llegando a 22°C como la media más cálida (García[1], 1998). El municipio se ubica en el altiplano central; cuya altura determina una temperatura media anual de 16.19°C, propia del bosque de encino (Vidal-Zepeda[2],1990; SMN, 2010).

Al tener un relieve mayoritariamente plano o con forma de valle, la varianza en la temperatura de todo el municipio es muy poca, sin embargo en las zonas altas como los cerros y la Cantera, se presentan temperaturas ligeramente más bajas. La precipitación pluvial en la zona que se encuentra el municipio se presenta homogénea en una media anual de 800 a 1200mm. (Vidal-Zepeda[1], 1990). San Jerónimo Tecuanipan puede recibir alrededor de 900mm de agua pluvial al año principalmente durante los meses de Mayo a Octubre. El municipio no cuenta con estaciones climatológicas propias, ni información geográfica a escala municipal, por lo que no conocen con nivel de detalle las características ambientales del municipio, sin embargo la información obtenida a escala nacional proporciona un panorama general.

7.2 CONTEXTO SOCIOECONÓMICO

Los últimos censos muestran que en 2005 habían 5,226 habitantes (2441 hombres y 2785 mujeres) y en 2010 aumentó a 5,826 (2762 hombres y 3064 mujeres) (SEDESOL, 2013), donde la mayor parte de los habitantes se hallaron en un contexto de alta marginación y rezago educativo, pues las estadísticas presentan un 26.58% de personas de 15 años o más sin primaria completa, y más de la mitad de la población sin educación básica completa, pasando de 57.66% de los habitantes a 82,16% del año 2000 a 2015, ubicando el municipio en el lugar 113 de 200 a nivel

estatal en el primer año y en el lugar 100 de 200 en el segundo, siendo mayor la cantidad mujeres las que no obtienen educación o alfabetismo en ambos periodos (SEGOB y INAFED, 2010).

Más del 61% de su población posee perfiles de marginación alta (SEDESOL, 2010), lo que la ubica muy por arriba de la media nacional de 5.3% (CONAPO *en* Casita de barro, 2013). No existe información más actualizada del crecimiento y desarrollo social del municipio (SEDESOL, 2013).

Al ser un municipio cuyas actividades económicas recaen en el sector primario, se pueden observar problemáticas como la falta de empleo bien remunerado (52% posee ingresos menores a dos salarios mínimos), una historia fuerte de migración, principalmente a los Estados Unidos (Casita de barro, 2013), analfabetismo y pérdida de lenguas indígenas (SEGOB y INAFED, 2010). En 2010, 3,082 individuos (77.9% del total de la población) de San Jerónimo Tecuanipan se encontraban en pobreza, de los cuales 1,712 (43.3%) presentaban pobreza moderada y 1,370 (34.6%) inadecuadas estaban en pobreza extrema (SEDESOL, 2010).

A pesar de que el municipio perteneció al programa de Cruzadas contra el Hambre, actualmente el 77.9% de los habitantes es pobre, y del 28.1% restante, el 18.5 se encuentra en situación vulnerable por carencia social (rezago educativo, falta de acceso a la salud y seguridad social, falta de acceso a calidad y servicios de vivienda y alimentación) y el 1.7% por carencia económica (pobreza). únicamente el 1.9% de la población se encuentra no pobre y no vulnerable (SEDESOL, 2010).

El contexto de pobreza y marginación junto con otro factores como la migración de jóvenes y población económicamente activa, la venta o renta de tierras, la falta de unión social, el saqueo de recursos, la ausencia de preocupación ambiental, y la pérdida de identidad cultural ha provocado el abandono del campo y también de la escuela, pues existe una desvalorización del conocimiento campesino y originario, donde las nuevas generaciones que deciden omitir su identidad y cambiarla (Dorsal, 2019; Márquez, *et al.* 2019), donde se omiten las prácticas milenarias de conservación ambiental y se desvanece el tejido social.

San Jerónimo Tecuanipan se ubica en la región de Cholula, caracterizada por ser un asentamiento poblacional prehispánico, con poca tierra para el cultivo, productores de temporal y sin ejido, con producción de pequeña propiedad y poco riego, siendo la mayoría de temporal. La actividad preponderante en la comunidad siempre ha sido la agricultura. La migración a los Estados Unidos tiene aproximadamente 15 años. Hoy en día no existe la zona boscosa, la actividad agrícola y la escasa tierra ha llevado a los pobladores a desmontar laderas (Capulín et al., 2007).

En 1950 la mayoría de las casas estaban construidas de chinamite y techos de zacatillo. En ésta década comenzó el primer salón de primaria. El agua para consumo humano se extrae de pozos en las partes bajas de la comunidad. Se deja de sembrar trigo, no se tiene compromiso de las haciendas con el pago de parcelas y comienzan a sembrar maíz y frijol para autoconsumo. Los que tienen pozos siembran jitomate y chile que venden en el tianguis de Huejotzongo y Cholula, junto con la fruta que se produce. Se vendían los excedentes (Capulín *et al.*, 2007).

El transporte se hacía por medio de bestias de carga (asnos y caballos) o en la espalda con un mecapal y usando el ferrocarril que iba de Puebla a Cuautla, que llegaba a Cholula y Atlixco. No se contaba con caminos, sólo se tenían veredas. Llega la luz CFE a finales de la década. Se instalan molinos de nixtamal eléctricos, se deja de martajar; comienza la elaboración industrializada de tortillas, y se comercializa principalmente en San Pedro Cholula. Las mujeres se especializaron en ésta venta, que complementaba a la de frutas y frijol. Llevaban la tortilla en una cubeta o chiquigüite hasta el punto de venta. (Capulín *et al.*, 2007).

La existencia de vías de comunicación facilitó el contacto con el exterior, la entrada del transporte público anuló la dependencia de intermediarios, se expandió el mercadeo principalmente a la capital del Estado. Se amplían los cultivos, se comienza a sembrar calabaza de corte, flores de temporada. La venta al menudeo se intensifica en los principales mercados de la región y en la ciudad de Puebla (Capulín *et al.*, 2007).

Un hecho que marcó la agricultura, fue la casi desaparición de algunos frutales. Las huertas de membrillo y manzana desaparecen debido a la utilización de concentrados

en la elaboración de sidras en las fábricas de Huejotzingo y Cholula, y en estos terrenos se comienza a cultivar nopal y algunos productos hortícolas. Se realiza con frecuencia la diversificación de cultivos, se utiliza la humedad de las épocas de lluvia, se tienen dos o tres cosechas por parcela (Capulín *et al.*, 2007).

Han existido más de 26 cultivos entre cíclicos y perennes. Durante la década de los 80, se dejó de sembrar trigo y jitomate; el primero porque no lo consumían, el segundo por que necesitaba mucho trabajo; lo suplieron por maíz y frijol. Sembraban más de cinco cultivos de temporal, mas los perennes. Se tenía huerta de frutales, siembra de nopal, flores de temporada y productos hortícolas de ciclo corto, sembrados dos veces en una misma temporada (calabaza, cebolla, rábano, cilantro) aprovechando las lluvias de la temporada (Capulín *et al.*, 2007).

Se comienzan a introducir nuevos cultivos, se comienza a fertilizar, se tienen más caminos para salir y el transporte comienza a entrar. La producción se enfoca en el mercado de mayoreo; la flor de temporada y el nopal se venden a gran escala. La producción de solares tanto de productos perennes como cíclicos va enfocada a un mercado de venta al menudeo ranchando (Capulín *et al*., 2007).

A partir de 1990, se comienzan a introducir más cultivos hortícolas y con ello la desaparición de frutales como durazno, debido a que se necesita mayor humedad y utiliza todo el espacio de la parcela. La presión sobre las tierras de cultivo disminuye por la actividad de la construcción (albañilería) con la que algunas familias complementan sus ingresos. Antes se realizaba para conseguir ingresos extras, sin dejar la actividad agrícola (Capulín et al., 2007).

La aparición y desaparición de nuevos cultivos, trajo consigo la generación de nuevos conocimientos y técnicas como una estrategia de sobrevivencia inherente a las labores del campo, como la búsqueda de ingresos fuera de la comunidad en la época de sequía para los hombres y para las mujeres todo el año, trabajaban como criadas. Se rancheaba (transportar los productos en burro o cargando hasta algún transporte, y se comenzar a vender desde el camino). Actualmente se sigue practicando (Capulín *et al*., 2007).

VIII. METODOLOGÍA

Para el diagnóstico y evaluación de la sustentabilidad en los agroecosistemas campesinos se utilizó la metodología de Sarandón y Flores (2009) desde el enfoque participativo (Geilfus, 2009) y sistémico de la sustentabilidad (Reátegui, 2019), ocupando el marco conceptual de Foladori (2002), Giannuzzo, (2010) y Ortiz *et al.* (2017) que definen la sustentabilidad como una cualidad compleja, multidimensional de los sistemas, se trata de la búsqueda de la satisfacción de necesidades presentes y futuras del humano y el ecosistema, su sostenimiento a través del tiempo, e involucra las dimensiones social, ambiental y económica para su abordaje.

Figura 1. Pasos metodológicos para la construcción de indicadores de sustentabilidad.

Tomado de: Sarandón y Flores (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. Pp.20

Se utilizaron los principios de la investigación-acción participativa (IAP) de Florencia y Rondán, Vidal (2016) para el relevamiento y procesamiento de información en campo, buscando un nivel de involucramiento alto de los campesinos con los cuales se llevaron a cabo los transectos, y les permitiese ser sujeto y agente de cambio.

Para la caracterización y análisis de resultados se utilizaron las herramientas metodológicas aplicadas en el MESMIS por Masera *et al*. (2000), así como en la generación de indicadores de sustentabilidad, considerando como unidad base los agroecosistemas, conformados por los subsistemas de parcela agrícola y crianza de animales, así como sus atributos emergentes.

La integración de los indicadores se realizó a partir de métodos de análisis multicriterio (Aranda y Herath, 2009; Acosta y Corral, 2017) utilizando el modelo de análisis jerarquizado (Saaty, 1998; Kangas, *et al*. 2008; Faúndez, 2014; González *et al*., 2016) a través del programa Definit versión 2.0 para el procesamiento de la información e interpretación de los resultados. También se utilizaron fotografías en campo como complemento del análisis sistémico de los agroecosistemas evaluados.

Para el diagnóstico del proyecto, se utilizaron principalmente fuentes de información primaria, es decir, directamente obtenidas en campo, por medio de instrumentos y herramientas de investigación-acción participativa, que ayudarían para el levantamiento de información cualitativa y cuantitativa, como son los talleres, entrevistas, visitas y transectos en campo y la comunicación personal acompañada de observación no estructurada; complementadas por fuentes de información secundaria, como los trabajos realizados previamente en la organización de Casita de Barro, la cooperativa SanJe y el colectivo ENCINO vinculada al tema de producción agroecológica y los sitios de estudio.

Para la instrumentación de la investigación se utilizó una encuesta estructurada como herramienta de medición de indicadores, que fue aplicada a los campesinos con los que se trabajó el proyecto a través de una entrevista estructurada. Esta información

fue complementada con un muestreo en campo del suelo en cada tipo de agroecosistema detectado.

La población objetivo de este estudio son los campesinos productores de San Jerónimo Tecuanipan, originarios de la comunidad, que trabajan las parcelas de la localidad, cuyas familias también se dedican al trabajo del campo y conservan lengua, conocimientos y prácticas tradicionales que se han transmitido generacionalmente hasta los productores actuales.

El levantamiento de información fue a partir de transectos en campo acompañados por entrevistas no estructuradas con informantes clave, que fueron seleccionados por un grupo de expertos conformado por la cooperativa SanJe, al ser las instituciones involucradas en la producción agroecológica de la localidad, a partir de los criterios participativos para la selección de productores locales con potencial de transición a agricultura sustentable (Márquez, 2021[2]) .

Los informantes clave fueron 2 campesinos productores con distintos tipos de manejo en sus parcelas, ubicadas dentro del municipio. El primero fue Armando López, productor de 10 parcelas trabajadas junto con otros campesinos, destinadas a comercialización, alimento de animales de corral, y autoconsumo; y Juan Ocelótl productor de 5 parcelas trabajadas familiarmente, destinadas a la alimentación de sus animales de corral, así como para comercialización.

Armando López, un señor de 49 años quien decidió emigrar, a la edad de 16 años a la Ciudad de México y posteriormente a los 21 años a Estados Unidos, donde trabajó por 8 años con la intención de ahorrar dinero para construir su futuro, como campesino en Tecuanipan. Durante su tiempo en el extranjero, completó su educación formal, conoció otras culturas y aprendió el idioma, diferentes trabajos y habilidades como conducir, además de sostenerse a sí mismo. Después de un tiempo decidió regresar a México, e invertir lo ahorrado en parcelas para producir alimentos. Al mismo tiempo, sus padres le heredaron otras parcelas de la familia. Desde entonces, busca mejorar su manejo a una agricultura sustentable.

Juan Ocelotl es un jóven campesino de 21 años, técnico en informática con formación en pedagogía y becario del programa gubernamental “Jóvenes buscando el futuro”, proyecto donde busca desarrollar una microempresa de biofertilizantes en coalición con la organización Casita de Barro. Éste proyecto irá acompañado de sus labores actuales como agricultor, por lo que busca la transformación rentable de su producción hacia agricultura orgánica y sustentable.

En total se visitaron 7 de 10 parcelas de don Armando y 4 de 5 parcelas de Juan. El contacto con los informantes clave se realizó a través de la organización mencionada, que interactúa frecuentemente con los campesinos de la comunidad y se encuentra involucrada en proyectos de producción y comercialización sustentable en conjunto con ellos, además de colaborar con organizaciones hermanas del mismo índole, como el Colectivo ENCINO y Casita de Barro, facilitando así la operación de las recomendaciones generadas en este trabajo (Márquez, 2021[2]).

Se ha elegido este enfoque como adecuado a los objetivos y alcances de la investigación, así como la cantidad de recursos disponibles y su fácil adaptabilidad a sistemas agrícolas campesinos en el contexto socioeconómico y ambiental de San Jerónimo Tecuanipan; además de ser una metodología desarrollada dentro de la última década, adecuada para la generación de información útil para los actores involucrados y el acervo de estudios de evaluación de la sustentabilidad.

8.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS AGROECOSISTEMAS

La caracterización tiene como finalidad entender y describir la estructura de los sistemas de manejo de recursos naturales que se van a evaluar, así como su funcionamiento y los contextos histórico y socioambiental específicos en los que se desarrollan. La evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas implica el estudio de sistemas complejos, considerando un equilibrio entre la información biofísica (factores ecosistémicos, geográficos, biológicos y meteorológicos), características tecnológicas y de manejo (actividades productivas, estacionalidad, tecnologías), y socioeconómica (características de la población, organización, aspectos culturales, actividades económicas, historia) (Masera *et al.*, 2000).

En el caso de los agroecosistemas estudiados, se realizó una caracterización tomando en cuenta dos aspectos para la información biofísica, cuatro aspectos para la caracterización del manejo de agroecosistemas y tres aspectos para la información socioeconómica, con base en los aspectos considerados por Masera *et al.* (2000) en el método MESMIS para la caracterización de los agroecosistemas.

Tabla. Aspectos caracterizados de los sistemas a evaluar

Característica	**Aspecto**	**Descripción**
Características biofísicas o ecológicas	Datos geográficos	Datos generales sobre la parcela, como ubicación, extensión, tenencia, coordenadas y relieve.
	Suelo	Características del suelo, estado, problemas y manejo
Características tecnológicas y de manejo	Cultivo	Información sobre las especies sembradas, su asociación, rotación, estratos, temporalidad, problemáticas y manejo
	Semilla	Orígen de la semilla, usos, historia y conservación de germoplasma
	Siembra	Técnicas de siembra y cuidado del cultivo, insumos utilizados, fertilización, plagas, problemáticas y manejo
	Tecnología	Herramientas, métodos y técnicas artesanales, locales, modernas y occidentales que interactúan en los ciclos de producción y su impacto, así como el manejo animal
Características socioeconómicas	Cultura y tradición	Relación de los aspectos ambientales mencionados con prácticas

		tradicionales históricas de la comunidad, sus usos y costumbres y su vida cotidiana
	Tejido social	La relación de los aspectos ambientales del agroecosistema con la dinámica de las familias en Tecuanipan y en o los pueblos vecinos, su participación y organización
	Rentabilidad económica	Valor agregado, costos, mano de obra, destino de la producción, comercialización y flujos económicos dentro de los procesos vinculados al agroecosistema, así como las actividades económicas relacionadas en Tecuanipan

Elaboración propia, con base en la caracterización de los sistemas de Masera et al. (2000, p.64)

Posteriormente se identificaron las fortalezas y debilidades de los agroecosistemas evaluados (Masera *et al.* 2000), y se clasificaron en tres tipos, según sus características en común (Fonseca, *et al.,* 2020), y el tipo de manejo que llevan, de acuerdo al marco conceptual previamente definido en el trabajo, dividiendo los sistemas en agricultura convencional (Benites y Bot, 2013), tradicional (Martínez, 1985; 2009; Zizumbo y García, 2008), y mixto, para su posterior evaluación a través de indicadores de sustentabilidad.

8.2 RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN

Se realizaron once transectos, 7 con Armando López y 4 con Juan Ocelotl. Como complemento, también se hicieron 5 visitas, donde se participaron en actividades como cosecha de frijol, maíz y cacama; se observó el proceso de cegado, secado, trillado de amaranto, frijol y la formación de cobertura de suelo a partir del zacate de

maíz y rastrojo del deshierbe. También se observó la cosecha de frutas como el aguacate, y el elote del maíz.

Imágen satelital. Parcelas visitadas en la realización de transectos,

Imágen satelital. Parcelas visitadas en San Jerónimo Tecuanipan, Puebla. Google Earth, 2021

Obtenida de Google Earth (2021)

Se realizaron dos visitas a los ciclos domésticos, donde se ocupó y cocinó lo cosechado, como alimentos, medicinas y curaciones. Así mismo, en los transectos se observaron las parcelas vecinas, donde se reconocieron cultivos como flor nube, cempasúchil, invernaderos, monocultivo, además de los identificados en los resultados del presente trabajo. Finalmente, se realizaron dos visitas donde se observó el ciclo de los animales de corral y su integración con los elementos de las parcelas estudiadas.

Como instrumentos para el relevamiento de información, se tomaron notas durante los transectos y visitas, se realizaron entrevistas no estructuradas y una encuesta en forma de entrevista estructurada con cada uno de los campesinos. Adicionalmente,

se realizó el muestreo y análisis de suelo de la primera parcela visitada, se tomaron fotografías y se asistió a dos talleres participativos con la cooperativa SANJE durante el proceso de investigación.

El relevamiento, procesamiento y análisis de la información, así como la selección y ponderación de indicadores fue acompañado por reuniones con dos representantes de la cooperativa SANJE, la opinión de dos expertas en sustentabilidad pertenecientes al colectivo ENCINO, un grupo focal de estudiantes egresantes de la licenciatura en Ciencias Ambientales y Desarrollo Sustentable (LCADS) de la Universidad Iberoamericana Puebla (UIAP) durante distintas etapas de la investigación, así como por la opinión de los campesinos Armando y Juan, con quienes se trabajó la información recabada.

8.3 DIMENSIONES DE ANÁLISIS

En éste estudio se utilizaron las tres dimensiones caracterizadas por Foladori (2002) como las principales de la sustentabilidad, que son la ecológica o ambiental, social y económica para la generación de indicadores de sustentabilidad, considerando los aspectos a evaluar ocupados en el MESMIS por Masera *et al.* (2000), incluyendo ell manejo agroecológico en la construcción de criterios de evaluación. Cada una de estas dimensiones involucra atributos y criterios a ser evaluados.

Diagrama. Dimensiones de la sustentabilidad

Elaboración propia con base en Foladori (2002)

8.4 ATRIBUTOS DE SUSTENTABILIDAD

Para la evaluación de la sustentabilidad en los agroecosistemas, se tomaron como referencia los 7 atributos de sustentabilidad propuestos por Masera *et al.* (2000) en el MESMIS, y ocupados por la mayor parte de la literatura consultada en la generación de indicadores de sustentabilidad (Ortiz, *et al.* 2017). Estos atributos son siete: (1) Productividad, (2) Estabilidad, (3) Confiabilidad, (4) Resiliencia, (5) Adaptabilidad, (6) Autogestión y (7) Equidad; y forman parte del marco conceptual para la evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas de manejo.

Tabla. Atributos de sustentabilidad

Atributo	Descripción
Productividad	Capacidad del sistema de proporcionar bienes y servicios ambientales, económicos y sociales para la satisfacción de necesidades de los actores
Estabilidad	Capacidad del sistema mantenerse en equilibrio durante el tiempo produciendo sin degradarse y resistir a cambios
Confiabilidad	Capacidad del sistema mantener la productividad estable ante cambios en los subsistemas sociales, ambientales o económicos con los que interactúa el sistema o internos
Resiliencia	Propiedad dinámica del sistema que determina su capacidad de recuperarse ante perturbaciones externas
Adaptabilidad	Mantener la productividad estable ante cambios permanentes en el sistema, como el cambio climático
Autogestión	Independencia del sistema de insumos externos para producir y mantenerse en equilibrio
Equidad	Incluye la distribución de costos y beneficios del proceso productivo entre los participantes del sistema y los procesos involucrados en la toma de decisiones

Elaboración propia con base en Masera *et al.* (2000).

8.5 CRITERIOS DE ANÁLISIS

Para realizar el análisis multicriterio de los atributos de sustentabilidad en los agroecosistemas identificados durante la caracterización, se seleccionaron 12 criterios de evaluación a partir de la discusión con una experta en sustentabilidad

miembro del Colectivo ENCINO y los trabajos derivados del grupo focal con los alumnos de LCADS de la UIAP. Los indicadores se repartieron de forma equitativa por cada dimensión de análisis, es decir, 3 criterios para la evaluación de los aspectos económicos, 3 para los aspectos sociales, 3 para los ambientales y 3 para el manejo de agroecosistemas, con el propósito de asegurar la representatividad de todas las dimensiones.

Tabla. Criterios de Evaluación de la Sustentabilidad.

DIM	CRITERIOS	DESCRIPCIÓN
S	Satisfacción laboral	Sensación de bienestar y cumplimiento de necesidades (alimentos, seguridad, placer, recreación, realización) que se obtiene como producto y durante el trabajo
E	Relación costo-beneficio	Valor monetario o beneficio resultado del balance entre las salidas, costos, inversiones y las entradas, utilidades o ganancias
A	Perturbación ambiental	Emisión de GEI, partículas, sustancias volátiles o contaminantes atmosféricos, líquidos y sólidos que contribuyan al calentamiento global, la degradación ambiental, la contaminación y la aceleración del cambio climático
A	Calidad de suelo	Diagnóstico del suelo y su capacidad ecológica y productiva con base en el estado de sus propiedades físicas, químicas y biológicas
M	Manejo de suelo	Técnicas, herramientas, conocimientos, métodos y formas de conservación, protección y cuidado del equilibrio, composición, estructura y microbiología del suelo
A	Salud del ecosistema	Diagnóstico del ecosistema y su capacidad de carga, resistencia y resiliencia, con base en el estado de sus elementos, relaciones y atributos sistémicos
M	Manejo del ecosistema	Técnicas, herramientas, conocimientos, métodos y formas de conservación, protección y cuidado del equilibrio sistémico, su composición, estructura y atributos
M	Prácticas de conservación	Técnicas, herramientas, métodos y formas de conservación, protección y cuidado del ambiente, que permiten la prevención, adaptación y mitigación a perturbaciones, fenómenos naturales y efectos producidos por la contaminación y el cambio climático

S	Equidad	Centralización en el poder, responsabilidad y posibilidades de decisión, manejo y aprovechamiento del sistema, así como el acceso a los modos y medios de producción, consumo y comercialización
E	Autosuficiencia	Capacidad del sistema de sostenerse a sí mismo a través de la generación de ciclos cerrados de materia y energía, derivados de la interconectividad entre las prácticas de uso social, manejo y aprovechamiento ecosistémico
S	Recursos humanos	Conocimientos, saberes, habilidades y capacidades humanas para la solución de problemas, prevención y adaptación a cambios
E	Recursos económicos	Acceso a diversos medios y modos de producción y comercialización apropiados a los actores involucrados en el sistema para la satisfacción justa de sus necesidades y el mantenimiento sostenible de las actividades y elementos de donde se obtienen los beneficios

DIM: dimensión E: Económico; A: Ambiental; S: Social; M: Manejo. Elaboración propia.

8.6 INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

Para medir los criterios de evaluación, es necesario seleccionar variables que indiquen el estado o tendencia de los atributos en los sistemas estudiados. La construcción de indicadores se realizó a partir de los resultados obtenidos en los talleres participativos con la cooperativa SANJE (Márquez 2021[1], 2021[2]), los trabajos derivados del grupo focal de LCADS de la UIAP (Cruz, 2021; Carreto, 2021; Islas, 2021), la literatura revisada y la información obtenida en campo a partir de las entrevistas, encuesta, muestreo y observación no estructurada, así como la opinión de los campesinos durante los transectos y visitas realizadas.

Esto se complementó con la discusión en conjunto con una experta en sustentabilidad, miembro del colectivo ENCINO durante la evaluación, normalización, y ponderación de los indicadores. En total, se seleccionaron 64 indicadores para el análisis multicriterio, 13 destinados a la dimensión social, 10 a la económica, 20 a la ambiental y 21 al manejo agroecológico.

Tabla. Indicadores de sustentabilidad

INDICADORES	DESCRIPCIÓN
Percepción de beneficios	Grado de bienestar percibido a partir de los servicios ambientales, culturales, económicos, psicológicos y espirituales identificados por los campesinos en su interacción con la naturaleza y el trabajo de campo
Percepción de riesgos	Grado de vulnerabilidad percibida en el agroecosistema, tanto ambiental como cultural, económico, psicológico y espiritual identificado por los campesinos.
Perspectivas a futuro	Grado de esperanza de crecimiento, desarrollo, oportunidades y bienestar a futuro a partir de la forma de producción y aprovechamiento actual de los agroecosistemas
Rendimientos	Porcentaje del cultivo que se desarrolló dentro del rango de características esperadas y pudo aprovecharse para autoconsumo o fines comerciales, considerando la resta del porcentaje del cultivo que no se desarrolló, se dañó, o no pudo ser aprovechado
Ingresos al año	Grado de generación de ingresos netos por año a partir de la producción en los agroecosistemas y las actividades derivadas de ésta
Ahorros al año	Grado de generación de ahorros por la producción en los agroecosistemas y las actividades derivadas de ésta
Contribución al calentamiento global	Grado de presencia y uso de fuentes combustibles fósiles para las actividades de producción (tractor, equipo, máquinas, transporte, sustancias)
Contaminación de suelo, agua y aire	Cantidad de agroquímicos aplicados, con riesgos a la salud humana y ecosistémica
Residuos	Clasificación de los desechos generados en el ciclo de producción y aprovechamiento de los agroecosistemas
Presencia de M.O.	Porcentaje de materia orgánica presente en la estructura del suelo considerando los primeros 30cm de profundidad (mínimo espacio requerido para sembrar y permitir el desarrollo de los cultivos)
Presencia de microorganismos	Presencia de actividad biológica derivada de la existencia de materiales con nitrógeno y carbono en biodegradación que forman parte de la materia orgánica del suelo
Diversidad de nutrientes	Riqueza y abundancia de nutrientes encontrados en la materia orgánica, solubles en agua y volátiles presentes en la estructura del suelo, considerando los primeros 30 cm de profundidad
Acidez	Grado de acidez o alcalinidad de la tierra, considerando los primeros 30cm de profundidad, de acuerdo a la escala de pH
Permeabilidad	Capacidad del suelo de permitir la infiltración de agua, y la velocidad en la que ésta se introduce en el manto freático
Aireación	Presencia de oxígeno en la estructura del suelo, presentada en forma de poros, a partir de la estructura mineral y orgánica del suelo, considerando los primeros 30cm de profundidad
Capacidad de retención de agua	Capacidad del suelo de mantener húmeda la superficie por más tiempo (considerando los primeros 30cm de profundidad)

Erosión	Tendencia del suelo a ser removido o arrastrado por factores ambientales o biológicos, como el viento, agua o animales
Incorporación de M.O.	Volúmen y frecuencia de aplicación de abono natural vegetal, animal, o composta introducidos en la parcela como medio de fertilización del suelo
Arado y volteado	Forma de labranza del suelo, equipo y herramientas utilizadas e intensidad de su realización (frecuencia, fuerza, profundidad e impacto)
Cobertura del suelo	Aplicación o existencia de acolchados vivos o secos que protejan a la superficie del suelo de la irradiación solar, prevengan el suelo de erosión, retengan humedad, sirvan como un medio de vida para microorganismos y sean una reserva de nutrientes para el suelo a mediano plazo
Rotación de cultivos	Cambio anual o periódico de las especies cultivadas, considerando los requerimientos del suelo, su productividad y el mantenimiento de su equilibrio químico-biológico; dejando espacios temporales sin repetir el cultivo dentro de la misma área
Deshierbe y capado	Frecuencia e intensidad en la remoción de hierbas silvestres y excedente de brotes cultivados para abrir espacio a las plantas sembradas y permitir su desarrollo en el área que necesitan ocupar
Cajoneado y fertilización	Frecuencia e intensidad de aplicación de abonos o fertilizantes para la siembra anual y el manejo de los surcos, independientemente del tipo de insumos utilizados
Uso de maquinaria	Presencia de maquinaria pesada para el arado de la tierra, que provoque compactación del suelo
Manejo de microbiología	Uso de técnicas y preparados para el cuidado y mantenimiento de la vida en el suelo a partir de la aplicación de nutrientes, forma de arado, conservación de humedad y protección a la irradiación solar directa
Plagas y enfermedades	Presencia de bacteriosis, virus o insectos y fauna que afecten los rendimientos, salud, estado y desarrollo de los cultivos, y/o amenacen el equilibrio, ciclos, cadenas y estructura del sistema.
Deficiencia de nutrientes en plantas	Presencia de signos y síntomas en las hojas, frutos, troncos, suelo o estructura de las plantas, que indican falta de uno o más nutrientes, que puede reflejarse en su coloración, debilidad, resistencia a factores climáticos, crecimiento, forma o la presencia de indicadores biológicos, y afecta el desarrollo de la planta
Productividad	Capacidad de los cultivos de producir semillas, frutos y follaje, de forma permanente o cíclica, y que se manifiesta en la abundancia de cosechas o biomasa, el tamaño y calidad de sus frutos, semillas y hojas, la velocidad, tamaño y frecuencia de sus producciones y la riqueza en nutrientes (olor, sabor, color, textura, agua) de sus productos
Interconectividad	El agroecosistema presenta interconexión entre los subsistemas que lo conforman a través de flujos e intercambios de materia y energía en cíclicos cerrados, lo cual permite su autosuficiencia y resistencia a factores externos
Conectividad	El ecosistema presenta intercambios de materia y energía recíprocos con el sistema social y económico con el que interactúa (comunidad, familias, comercio) lo cual ayuda a mantener su diversidad y resiliencia
Agentes biológicos	Presencia de insectos y fauna que contribuyen a los ciclos biológicos,

	ecológicos y productivos del agroecosistema
Indicadores biológicos	Presencia de insectos, hongos y fauna que indican el grado de salud del ecosistema
Diversidad	Riqueza y abundancia biológica en un área y temporalidad determinados
Diversidad genética	Número de variedades de semilla por especie cultivada, así como de formas de reproducción
Diversidad productiva	Número de especies cultivadas por parcela, considerando los distintos estratos del agroecosistema
Diversidad natural	Vegetación nativa silvestre en diferentes estratos y temporalidades de la parcela
Consumo de agua	Frecuencia de suministro de agua utilizada para el riego de los cultivos
Asociación de cultivos	Existencia de relación simbiótica entre cultivos, ya sea por planificación o naturalmente
Manejo de plagas	Técnicas aplicadas para prevenir y mitigar la presencia de plagas y enfermedades de las plantas y suelo en la parcela
Estratificación	Aprovechamiento de los distintos estratos dentro de una misma área de producción
Cadenas tróficas y energéticas	Los flujos de materiales y energía respetan los principios de bioacumulación y cadenas trófico-energéticas para mantener su equilibrio y eficientar los ciclos sistémicos
Conectores biológicos	Presencia de caminos, corredores, brechas o islas de vegetación que permitan la interacción, reproducción e intercambio genético de los agentes biológicos del agroecosistema
Aprovechamiento	Se utilizan diversas partes y derivados de las plantas, fauna y hongos que habitan en la parcela para consumo, producción, comercialización o manejo
Manejo de agua	Sistema de proporción de agua a los cultivos
Fuente de riego	Medio de suministro de agua, considerando su calidad y fuente de aplicación
Técnicas de Riego	Cuando se aplica riego a las parcelas, en qué forma se aplica el suministro de agua
Manejo de semilla y reproducción de plantas	Uso de técnicas para seleccionar, almacenar, mejorar y diversificar las variedades de semillas utilizadas en la producción, así como de métodos de reproducción de plantas
Manejo de erosión	Presencia de técnicas de retención de suelo, para la prevención y mitigación del arrastre de nutrientes (retenes, mampostería, cobertura)
Retención de agua	Presencia de técnicas de captación y retención de humedad, para eficientar el uso del recurso hídrico (zanjas, canales, bordes)
Conservación de la semilla	Uso de técnicas para manejo y mejora de semilla criolla, su intercambio y reproducción para la conservación de material genético originario

Protección de fauna	Espacios de resguardo que permitan la conservación y reproducción de especies de hongos, insectos y fauna silvestre y migratoria dentro o cerca de las parcelas
Polinización	Sembrado de flores y especies aromáticas atractivas para insectos y fauna que participe en los proceso de polinización, así como en el control biológico para el equilibrio del agroecosistema
Organización	Grado de centralización o participación en la decisión de las formas de manejo de los agroecosistemas y el reparto de bienes, costos y beneficios
Distribución	Grado de equidad en el reparto de las cosechas considerando a los participantes en las actividades de producción y toma de decisiones
Equidad de género	Grado de participación y oportunidad de las mujeres en la toma de decisiones respecto al manejo de las parcelas, el trabajo y el reparto de bienes
Autoconsumo	Uso directo de una parte o la totalidad de la producción dentro de los ciclos domésticos de las familias de los campesinos en diversas áreas (cocina, curación, animales)
Dependencia en insumos externos	Porción de insumos utilizados en la parcela que tienen orígen en fuentes externas a la localidad y el agroecosistema
Transporte	Distancia y medio de traslado de los insumos utilizados para la producción en las parcelas, su cosecha y distribución o comercialización en los puntos de venta
Mano de obra	Empleos pagados generados para la comunidad a partir de las actividades de producción de cada parcela
Redes de apoyo	Variedad de fuentes de apoyo adicionales a los empleados para la producción de las parcelas
Apoyos solidarios (faenas/medias/trueque)	Uso de apoyos comunitarios, institucionales o de organizaciones que no implican un costo o retribución para las actividades de producción y manejo del agroecosistema
Participación de la familia	La familia participa en las actividades de producción de cada parcela
Remuneración de la familia	Las actividades de trabajo que realiza la familia se remunera de alguna forma?
Recursos culturales	Técnicas, instrumentos y conocimientos tradicionales utilizados en el manejo de las parcelas
Capacidad de innovación	Herramientas y métodos nuevos generados por los campesinos para eficientar y facilitar el trabajo o manejo de agroecosistemas, adaptando sus saberes y conocimientos tradicionales, así como su creatividad individual a las condiciones y contextos actuales
Estrategias de comercialización	Diversidad en las formas de venta de las cosechas destinadas a comercialización (por mayoreo, menudeo, intercambio)
Alternativas de comercialización	Diversidad de puntos de venta en relación con su cercanía a la localidad y rentabilidad de las ventas de la cosecha destinada a comercialización
Transformación del	Grado y diversidad de las formas de presentación de las cosechas

producto	destinadas a comercialización, que implica un valor agregado (transformadas o crudas)
Medios de transformación	Contar con el capital necesario para la transformación de productos e insumos para la comercialización o manejo de las parcelas a nivel local

Elaboración propia.

8.7 SELECCIÓN DE UNIDADES

Las escalas utilizadas para la medición de los indicadores dependen del carácter del indicador (cualitativo, cuantitativo o compuesto), así como del comportamiento de la variable que mide (lineal, curva; positiva, negativa), por lo que se eligieron 6 tipos de escala que permitieran evaluar los 64 indicadores de sustentabilidad, así como permitir su estandarización para su posterior integración (Anexo). Una vez obtenida la escala de evaluación, se llevó a cabo la valoración de cada alternativa a través de los indicadores.

Tabla. Unidades de medida

ESCALA	DESCRIPCIÓN
Ordinal	Indicadores cualitativos de valores relativos, donde sólo por medio de una comparación entre opciones pueden jerarquizarse. Estos son indicadores como forma de arado, forma de fertilización, asociación de cultivos, manejo de plagas o aprovechamiento.
0/+	Indicadores cualitativos o cuantitativos donde cada elemento suma a la sustentabilidad del sistema en diferentes grados, pero donde la ausencia de estos elementos no perjudica la sustentabilidad del sistema, por lo que el menor valor será 0. Aplica en indicadores de prácticas de conservación, redes de apoyo, productividad o ahorros.
-/0:	Indicadores cualitativos o cuantitativos de costo o perjuicio, donde la cualidad o cantidad medida indica un grado de perjuicio a la sustentabilidad; los valores cercanos a 0, señalan la ausencia de perturbaciones o perjuicios. Estos usualmente son indicadores de contaminación, emisión de GEI o percepción de riesgo ambiental.

-/+	Indicadores cualitativos que implican valores positivos como negativos, por ejemplo indicadores sociales de percepción de beneficios o perjuicios, perspectivas a futuro; así como valores cuantitativos que se comportan como una campana de Gauss, o una curva en S, donde el 0 es el valor que indica neutralidad, es el punto de inflexión o es el valor óptimo, como la acidez, la permeabilidad o la capacidad de retención de agua.
Binaria	Valores cuantitativos que indican la presencia o ausencia de un elemento, ya sean prácticas, actores o insumos del sistema, y que son benéficos (B) para su sustentabilidad o perjudiciales (C).
Rango	Indicadores cuantitativos de porcentaje o cantidad. Corresponden a valores precisos, medidos en campo o análisis de suelo, como cantidad de materia orgánica, rendimientos o diversidad productiva y genética.

Elaboración propia.

8.8 ESTANDARIZACIÓN DE ESCALAS

Se realizó la estandarización de los indicadores utilizando una escala de 0-1 para normalizar y poder comparar, sumar y contrarrestar los diferentes tipos de medición. Los valores de evaluación de cada indicador fueron convertidos a la misma escala, tomando en cuenta el comportamiento de éstos durante esta operación. El proceso fue realizado utilizando la herramienta de análisis multicriterio Definit 2.0.

Los indicadores binarios y ordinales se estandarizan automáticamente en base al mínimo y máximo valor (0-1; 1-3, 1-4 1-5 o 1-6 respectivamente) por el programa, a diferencia de los demás indicadores que llevaron una estandarización manual. Las curvas de estandarización variaron según el carácter de cada indicador, siendo:

Tabla. Estandarización de indicadores.

TIPO	DESCRIPCIÓN

Curva de valor máximo	Utiliza la totalidad de valores de la escala original, otorgando al grado mínimo un valor de cero y el máximo un valor de uno. Se ocupa en indicadores donde el grado de la escala determina el grado de sustentabilidad en el sistema. Un ejemplo son los indicadores de acidez, o residuos generados.
Curva de intervalo	Utilizan el valor máximo y mínimo de la calificación otorgada a las alternativas, no a el rango de la escala predefinida. Se ocupa en indicadores de valor absoluto, como cantidades, y en los indicadores relativos, de comparación.
Curva de goal	Se ocupa en intervalos con mínimos y máximos predefinidos o ideales para determinar el grado de sustentabilidad de un indicador, como los porcentajes o cantidades. Un ejemplo son el porcentaje de materia orgánica en el suelo (que debe ser idealmente de 30-60%) o los rendimientos de un cultivo (cuyo valor ideal es de 100%)
Curva convexa	Se utiliza para los indicadores con valores negativos de comportamiento asintótico, donde a mayor suma de elementos, más sinérgico se vuelve el perjuicio al sistema, y es más difícil visualizar las diferencias de contribución entre cada elemento, pero sigue siendo contraproducente a la sustentabilidad del sistema. Se ocupa en valores de percepción y grados -/0. Un ejemplo son los indicadores de perturbación ambiental, plagas y enfermedades, deficiencia de nutrientes o percepción de riesgos.
Curva cóncava	Se utiliza para los indicadores con valores positivos de comportamiento asintótico, donde a mayor suma de elementos, más pequeña es la diferencia de aporte al sistema, pero sigue siendo más sustentable. Se ocupa en escalas cualitativas de percepción o grados 0/+. Un ejemplo son la diversidad de nutrientes en el suelo, la diversidad ecosistémica, la incorporación de M.O., la productividad o el uso de diferentes técnicas de conservación.

Curva en forma de S	Se utiliza en indicadores principalmente con valores positivos y negativos o donde el comportamiento del indicador no es lineal, sino que presenta puntos de inflexión o cambios conforme aumentan los valores y en ambos extremos de los valores positivos y negativos, el comportamiento es asintótico, pues su efecto se vuelve sinérgico o difícil de diferenciar, pero sigue contribuyendo a cambios en el sistema, como son los indicadores de escalas de grado -/0. Un ejemplo son la permeabilidad, erosión, aireación o capacidad de retención de agua.

Elaboración propia.

8.9 PONDERACIÓN

La ponderación de los criterios e indicadores se realizó a través del método analítico de jerarquización por comparación pareada, donde se contraponen pares de indicadores para determinar la importancia relativa de cada uno respecto al otro, buscando una inconsistencia entre 0-5, y contrapesando cada indicador con los demás correspondientes al mismo criterio de evaluación, así como respecto a la totalidad de criterios del análisis.

Tabla. Pesos asignados por medio del método analítico de jerarquización por comparación pareada.

CRITERIO / INDICADOR	PESO CRITERIO	PESO INDICADOR	PESO ABSOLUTO
Satisfacción laboral	0.021		
Percepción de beneficios		0.2	0.004
Percepción de riesgos		0.6	0.012
Perspectivas a futuro		0.2	0.004
Relación costo-beneficio	0.023		
Rendimientos		0.6	0.014
Ingresos al año		0.2	0.005
Ahorros al año		0.2	0.005
Perturbación ambiental	0.04		
Contribución al calentamiento global		0.105	0.004

Contaminación de suelo, agua y aire		0.258	0.010
Residuos		0.637	0.026
Calidad de suelo	0.118		
Presencia de M.O.		0.205	0.024
Presencia de microorganismos		0.205	0.024
Diversidad de nutrientes		0,102	0.012
Acidez		0.38	0.004
Permeabilidad		0.38	0.004
Aireación		0.38	0.004
Capacidad de retención de agua		0.184	0.022
Erosión		0191	0.023
Manejo de suelo	0.118		
Incorporación de M.O.		0.058	0.007
Arado y volteado		0.156	0.018
Cobertura del suelo		0.066	0.008
Rotación de cultivos		0.156	0.018
Deshierbe y capado		0.03	0.004
Cajoneado y fertilización		0.156	0.018
Uso de maquinaria		0.343	0.041
Manejo de microbiología		0.035	0.004
Salud del ecosistema	0.118		
Plagas y enfermedades		0.033	0.004
Deficiencia de nutrientes en plantas		0.077	0.009
Productividad		0.033	0.004
Interconectividad		0.187	0.022
Conectividad		0.187	0.022
Agentes biológicos		0.077	0.009
Indicadores biológicos		0.033	0.004
Diversidad		0.187	0.022
Diversidad genética		(0.637)	0.014
Diversidad productiva		(0.258)	0.006
Diversidad natural		(0.105)	0.002
Consumo de agua		0.187	0.022
Manejo del ecosistema	0.118		
Asociación de cultivos		0.086	0.010
Manejo de plagas		0.036	0.004
Estratificación		0.086	0.010

Cadenas tróficas y energéticas		0.086	0.010
Conectores biológicos		0.223	0.026
Aprovechamiento		0.036	0.004
Manejo de agua		0.223	0.026
Fuente de riego		(0.833)	0.022
Técnicas de Riego		(0.167)	0.004
Manejo de semilla y reproducción de plantas		0.223	0.026
Prácticas de conservación	0.044		
Manejo de erosión		0.281	0.012
Retención de agua		0.281	0.012
Conservación de la semilla		0.281	0.012
Protección de fauna		0.051	0.002
Polinización		0.107	0.005
Equidad	0.118		
Organización		0.637	0.075
Distribución		0.105	0.012
Equidad de género		0.258	0.031
Autosuficiencia	0.044		
Autoconsumo		0.637	0.028
Dependencia en insumos externos		0.258	0.011
Transporte		0.105	0.005
Recursos humanos	0.118		
Mano de obra		0.037	0.004
Redes de apoyo		0.235	0.028
Apoyos solidarios (faenas/medias/trueque)		0.086	0.010
Participación de la familia			
Remuneración de la familia		0.086	0.010
Recursos culturales		0.086	0.010
Capacidad de innovación		0.235	0.028
		0.235	0.028
Recursos económicos			
Estrategias de comercialización	0.118	0.152	0.018
Alternativas de comercialización		0.039	0.046
Transformación del producto		0.068	0.008
Medios de transformación		0.039	0.046

Los indicadores fueron ponderados de acuerdo a su representatividad y nivel o escala de medición que utilizan, asignando un mayor peso a aquellos que evalúan aspectos a nivel sistémico, y menor peso a los que determinan condiciones específicas del sistema, miden el estado de un subsistema particular o se enfocan en alguno de sus elementos (Anexo). Para el análisis multicriterio, se priorizaron seis criterios de evaluación que contienen a los indicadores más representativos del estudio, considerando uno de cada dimensión, y dos de las dimensiones de manejo agroecológico y ambiente, al ser la base biológica de los agroecosistemas estudiados.

Gráfica. Reparto de pesos en los criterios de evaluación.

Elaboración propia.

8.10 INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

Una vez realizada la suma ponderada de indicadores (cóncava, convexa, forma de f, meta y máximo), y después de la asignación de pesos por comparación pareada, se procedió a la integración de la evaluación de los indicadores, y la generación de resultados del análisis multicriterio. A partir de la comparación de los resultados de la

sustentabilidad de los agroecosistemas identificados, se culminó el proceso de evaluación.

Finalmente, se realizó un análisis de sensibilidad para determinar la estabilidad o varianza en los resultados obtenidos, y se identificaron los puntos críticos de los sistemas evaluados, así como sus problemáticas más relevantes, las técnicas de manejo utilizadas para la resolución de estos problemas, y los aspectos socioeconómicos y culturales relacionados con ellas, que conforman parte de las prácticas que conducen a la agricultura más sostenible, y las oportunidades de mejora en su manejo.

IX. RESULTADOS

Las parcelas visitadas se ubican en la zona del Valle a las faldas del Popocatépetl, por lo que el relieve es regular y generalmente plano, con una pendiente de 0-3%. Las zonas de pendiente más pronunciada no están cultivadas, pues, además de la dificultad de labranza en el relieve irregular, usualmente están vinculadas a suelos rocosos provenientes de la lava condensada del volcán, o a la existencia de cerros sagrados donde se realizan ceremonias prehispánicas, novohispanos y religiosas de relevancia cultural en la región, por lo que son propiedad de la alcaldía (uso común para todos) y no se utilizan para agricultura.

Dentro de los transectos y visitas realizadas (Anexo), se identificaron tres tipos de manejo agroecológico predominante, el (1) Tradicional, el (2) Mixto y el (3) Convencional. De las once parcelas visitadas, tres utilizan manejo convencional (Sitios tres y cinco de Armando; sitio dos de Juan); cuatro son manejo tradicional (Sitios uno y siete de Armando; sitios uno y cuatro de Juan); y cuatro tienen manejo mixto (Sitios dos, cuatro y seis de Armando; sitio tres de Juan).

Tabla. Tipos de agroecosistema en Tecuanipan

Tipo de sistema	Definición
Convencional	Se refiere a los agroecosistemas donde se utilizan herramientas y técnicas provenientes de la Revolución verde. Esto implica: ● Uso de agroquímicos como fertilizantes, plaguicidas y herbicidas de insumo para los cultivos. ● Siembra en monocultivo sin asociaciones o estratos. ● La rotación de cultivos es anual y en ocasiones no se presenta ● La agricultura se practica de forma intensiva y extensiva, es decir, sin periodos de descanso para la tierra y removiendo árboles. ● El riego viene del río de agua negra, pozos y en ocasiones lluvia de temporal. ● Se presentan problemáticas de plagas. ● El sistema es frágil a fenómenos meteorológicos como el viento, lluvia torrencial, granizo, insolación y heladas. ● Las tecnologías utilizadas son maquinaria pesada y mano de obra. ● Usualmente, las parcelas con este tipo de manejo, son rentadas o

	trabajadas a medias con otro campesino. ● Se destinan meramente a comercialización al mayoreo y menudeo.
Mixto	El manejo es semi convencional, aplicando una combinación de técnicas e insumos convencionales y tradicionales, es decir: ● Aplicación de fertilizantes químicos y con abonos naturales. ● La siembra es en forma de monocultivo o policultivo. ● El manejo de suelo y de plagas es opcional. ● La rotación de cultivos es anual. ● En ocasiones se presenta asociación de cultivos o estratos. ● Se practica como agricultura intensiva, mas no extensiva, es decir, sin descansos, pero sin remoción de árboles. ● El suministro de agua es la lluvia de temporal. ● Se presentan problemáticas de plagas. ● El sistema es frágil a fenómenos meteorológicos como la lluvia torrencial, viento, granizo y heladas. ● Las tecnologías utilizadas son una combinación de maquinaria, tracción animal y mano de obra ● Usualmente, las parcelas con este tipo de manejo, son rentadas o trabajadas a medias con otro campesino y se vinculan con las parcelas aledañas, ya sea por rotación de cultivo, semilla, o tipo de manejo. ● Se destinan a comercialización o alguna forma de generación de ingresos, o ahorro (como alimento de animales y producción de zacate).
Tradicional	Es el tipo de sistema más parecido al manejo orgánico o restaurativo dentro de la comunidad, utiliza técnicas artesanales de manejo, provenientes de las tradiciones prehispánicas y novohispanas originarias de Tecuanipan. ● Uso de herramientas manuales y tracción animal, con muy poco o nulo uso de maquinaria. ● Aplicación de abonos naturales como fertilizante y en ocasiones acolchado. ● No existe un control constante de plagas, pero sí conocimiento de diversas técnicas, y no hay una aplicación constante de químicos plaguicidas. ● Se realiza manejo de suelo en algunas parcelas, como retención y prevención de la erosión. ● La siembra es en policultivo o milpa tradicional con o sin frutales; existen estratos. ● Se practica como agricultura intensiva no extensiva, y en ocasiones, se permite el descanso de la tierra.

	● La rotación de cultivo es anual o planeada entre parcelas de la misma familia. ● Existen algunas asociaciones entre especies, así como usos de las hierbas silvestres y nativas. ● Usualmente estas parcelas son propiedad de los campesinos que las trabajan ● Están vinculadas a la siembra para autoconsumo o alimento de animales, así como su procesamiento y comercialización local para generación de ingresos (en forma de harinas, pinole, semillas u otros).

Elaboración propia

Las categorías de agricultura identificadas se clasificaron con base en lo observado y de acuerdo al marco conceptual de agricultura convencional y tradicional; sin embargo, durante los transectos y visitas en campo, pudo observarse en los tres tipos de agrosistemas de Tecuanipan se utilizan prácticas tradicionales prehispánicas y novohispanas, independientemente de si su manejo es tradicional, convencional o mixto. Esto puede deberse al fuerte arraigo cultural del municipio.

Las parcelas visitadas avecinan con otras parcelas de producción agrícola, algunas que utilizan abonos orgánicos (abono de corral o de borrego) y otras que utilizan agroquímicos (fertilizantes y pesticidas), lo que permitió observar diversidad en las formas de manejo de los agrosistemas. Las parcelas se encuentran delimitadas por caminos de tierra y carreteras; otras son divididas visualmente por el cambio entre cultivos (la mayoría son monocultivos o tienen un cultivo predominante que rige el paisaje); en ocasiones, son delimitadas por hileras de árboles frutales. Tanto el caso de Armando López, como de Juan Ocelotl se cultiva maíz, amaranto o frijol y a veces frutas (aguacate, durazno, ciruela) como cultivos principales.

También se observan terrenos abandonados alrededor, con pasturas y arbustos crecidos, y algunos árboles frutales salteados, así como parcelas de agricultura intensiva y extensiva, con invernaderos y riego en ocasiones. Algunas de las parcelas observadas en los trayectos colindan con el cerro Xocoatlayo, donde se realiza la ceremonia al santo patrono de los campesinos y otras fiestas de la región. En los cultivos predominantes, se encuentran maíz (Zea mays), flor de cempasúchil (*Tagetes* sp.), amaranto (*Amaranthus* sp), calabaza (*Cucurbita* sp), frijol (*Phaseolus* sp. y

Coccineus sp.), flor nube (*Gypsophila paniculata*), y algunas hortalizas como rábano (*Raphanus* sativus), cebolla (*Allium* cepa), lechuga (*Lactuca* sativa), entre otros.

9.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS AGROECOSISTEMAS

A nivel general, los agroecosistemas fueron delimitados por los subsistemas de la parcela y los animales de corral. De la interacción de estos dos subsistemas, existen atributos emergentes, como los molinos (maíz), los residuos (rastrojo y zacate), los abonos naturales (precompostaje)y los medios de transporte que conectan los flujos de materia y energía principales del sistema.

Los elementos principales en los sistemas son los cultivos, los animales y los productos derivados de ellos (cosecha). Como suprasistemas, se encuentran la comunidad de San Jerónimo Tecuanipan, las comunidades vecinas (Puebla, Nealtican, Santa Isabel Cholula, San Martín Tlamapa, San Juan Ameca y San Andrés Cholula), y el ambiente. Algunos elementos externos al agroecosistema son los factores ambientales (lluvia, granizo, viento, volcán, temperatura), la contaminación de sistemas vecinos, y la materia y energía que se intercambian con el exterior (trabajo, alimento, semillas).

Los principales actores que intervienen en los flujos e intercambios entre el sistema y con los sistemas relacionados, son los campesinos que trabajan las parcelas, los dueños de los terrenos, los intermediarios y comerciantes de las semillas, alimentos y cosechas, la mano de obra local y vecina, los habitantes y consumidores de Tecuanipan y los pueblos vecinos y las familias de los campesinos.

9.1.1 AGROECOSISTEMA DE MANEJO CONVENCIONAL

Diagrama. Agroecosistema de manejo convencional en San Jerónimo Tecuanipan.

Elaboración propia.

El sistema convencional de cultivo en Tecuanipan se basa en la agricultura mecanizada y química para la producción de alimentos destinados a la comercialización en el exterior de la comunidad. Este sistema tiene pocos flujos e intercambios de materia y energía recíprocos con los otros sistemas, sin embargo tiene muchas entradas de insumos y energía debido a que es altamente dependiente de recursos como fertilizantes, pesticidas, herbicidas y maquinaria para sembrar, segar, trillar y procesar el cultivo.

Las parcelas de agricultura convencional se siembra en monocultivo, usualmente con dos variedades de la especie sembrada; ambas importadas debido a su alta demanda en el mercado, o una criolla y la otra importada. Dentro de los cultivos principales se encuentran el amaranto (verde y rojo), proveniente del pueblo vecino San Juan Amecá, o frijol de mata negro (Michigan o peruano, ambos importados y sembrados por su fácil comercialización) y criollo (negro, amarillo, cebrado u otro).

Los terrenos de agricultura convencional usualmente son rentados; rara vez son propiedad de los campesinos de Tecuanipan. Cuando el terreno es trabajado por el mismo campesino durante varios años, existe rotación de cultivos; sin embargo, en la mayor parte de los casos la renta es por 1 a 5 años por campesino o cambia constantemente, por lo que es difícil mantener la rotación planeada.

La mayoría de los campesinos que rentan y siembran de forma convencional, no consumen de la cosecha de estos terreno, pues prefieren sus alimentos -y los de sus animales- libres de químicos, sin embargo esta producción les resulta rentable para generar ingresos anuales, por lo que normalmente combinan sus manejos, sembrando amaranto y frijol de forma convencional en las parcelas destinadas a comercialización, y de forma mixta a natural para comercio local y autoconsumo.

La siembra se realiza con tractor, y se utiliza la segadora y trilladora para procesar la cosecha de frijol y amaranto. La mano de obra suele ser empleada, considerando de uno a diez jornaleros para ayudar en las actividades de la parcela, dependiendo de su tamaño, y lograr acabarlas en un día. Lo normal, es conseguir 4 o 5 personas para apoyar en el trabajo. Aunque en algunos terrenos existe colaboración de la familia del campesino que trabaja la tierra, las decisiones y el reparto de bienes está muy centralizada, y los costos e ingresos, también.

Son pocas las mujeres que trabajan estos terrenos, pero cuando ayudan a las tareas de la parcela, no se les remunera. Al no haber autoconsumo en estas parcelas, no se vincula la producción directamente al ciclo doméstico de las familias de los campesinos, sin embargo este tipo de producción genera ingresos y flujos monetarios. A pesar de esto, el riesgo de pérdidas es alto, pues no existen medidas de prevención o mitigación a los factores ambientales como lluvia, granizo y viento, que son sumamente perjudiciales para los cultivos de agricultura convencional y pueden provocar pérdidas totales.

Una de las principales problemáticas en las parcelas es la erosión por viento y agua del suelo, que provoca la pérdida de nutrientes y la generación de suelos arenosos, poco productivos y fértiles, que aunada a las variaciones en las temporalidades de siembra y cosecha de las flores y cultivos anuales por causa del cambio climático, y

a la pérdida de cosechas por viento y plagas, determinan un fuerte riesgo ambiental y económico en los agroecosistemas.

Otro de los problemas es la dependencia en las semillas compradas, pues algunas de las sembradas en estos sistemas son híbridas. Además de esto, la poca conectividad con subsistemas como el doméstico, el mercado local o los animales, vuelve menos resiliente al sistema, que a su vez, contribuye a la degradación ambiental con la producción de GEI de combustibles, el arrastre de químicos a ecosistemas vecinos, el deterioro en la calidad del suelo, y el uso extensivo del terreno, que implica la tala de árboles para abrir espacio al monocultivo, y eliminar hábitats de refugio para especies silvestres nativas de la región.

El transporte de materiales de insumos para la parcela (fertilizantes, herbicidas, pesticidas) usualmente es en camioneta, y casi no hay salidas de la parcela que conecten a otros subsistemas del agroecosistema, pues no hay mucho rastrojo derivado de estas parcelas por la presencia de agroquímicos. El uso de combustibles fósiles es alto, y la dependencia en fuentes externas también. Algunos campesinos, comienzan a incrementar el uso de químicos -y por lo tanto, aumentan sus costos de producción- para conservar los rendimientos de la producción.

La venta de los productos es en forma de mayoreo, por medio de intermediarios, que llevan a Nealtican, Cholula o los pueblos vecinos a vender el frijol en los mercados; o a los comerciantes de San Juan de Ameca (de donde es originaria la semilla), para que truenen el amaranto (pues son los propietarios más cercanos de máquinas tronadoras), le añadan el valor agregado y lo comercialicen.

9.1.2 AGROECOSISTEMA DE MANEJO MIXTO

Diagrama. Agroecosistema de manejo mixto en San Jerónimo Tecuanipan.

Elaboración propia.

Los sistemas de manejo mixto combinan técnicas, materiales e interacciones de los sistemas tradicional y convencional. Este tipo de manejo usualmente es aplicado en parcelas empeñadas por varios años, rentadas por un periodo largo (normalmente se renta a vecinos o conocidos), manejadas en conjunto o por medio de un acuerdo con los vecinos de la parcela, o trabajados “a medias” (un campesino pone el terreno y otro lo trabaja).

Este tipo de manejo implica el uso constante de redes de apoyo familiar, comunitario e incluso de pueblos vecinos. Las parcelas se trabajan con ayuda de la familia y de los vecinos, y el trabajo (así como parte de las cosechas) se intercambia con los apoyos para evitar los costos de mano de obra. El reparto de bienes es similar.

Estas parcelas se destinan a diversos tipos de comercialización (a mayoreo y menudeo), normalmente en puntos de venta tanto locales como externos y son directamente comercializados por los campesinos productores o sus familias.

También se utiliza una parte de la cosecha para autoconsumo y alimento de animales. El rastrojo del zacate y deshierbe también se aprovecha en el suelo, para usos domésticos y para alimentar a los animales de corral.

El sembrado es en forma de policultivo, asociando dos especies de plantas, siendo las más comunes el maíz criollo (de diferentes variedades) combinado con frijol o ayocote, y hierbas silvestres de uso culinario, medicinal o curativo. Otro formato es el monocultivo de amaranto o frijol de monocultivo, pero permitiendo la presencia de árboles frutales en los márgenes, hileras o espacios, así como el crecimiento de hierbas silvestres.

El manejo de estas parcelas, al ser mixto, utiliza maquinaria para sembrar (tractor) y en ocasiones para cosechar (camioneta) o transportar los insumos de la parcela, y las cosechas y materiales obtenidos de esta a los puntos de venta o consumo. También se utilizan fertilizantes químicos para producir, sin embargo, se evita el uso de pesticidas y herbicidas.

El manejo también implica el trabajo manual y artesanal, como el trillado, arado, deshierbe, fertilización, cajoneado y capado, además de la adición de acolchados y abonos naturales para nutrir el sustrato. Esto asegura la recuperación del suelo, su conservación y el mantenimiento de su calidad, sino que la compactación, erosión y perturbación es menor que en los sistemas convencionales.

La rotación y asociación de cultivos, así como la conservación de algunos estratos es posible en estos terrenos debido a los acuerdos con los vecinos, el arrendatario y la organización en la producción. Se busca que los ciclos anuales recuperen los nutrientes del suelo (o una parte de ellos) y la planeación sea a mayor escala.

El cuidado del suelo, de estratos, de asociación de cultivos, su rotación, el crecimiento de especies silvestres y el bajo uso de químicos y maquinaria, permite cultivos más limpios, adecuados para la seguridad alimentaria de las familias que lo consumen, y la rentabilidad económica a largo plazo, pues la productividad del agroecosistema se mantiene a través de estas prácticas e intercambios con otros subsistemas, sin descuidar los ingresos económicos.

En este tipo de agroecosistemas, existe mayor participación de las mujeres y familias, tanto en el trabajo como en el consumo y reparto de bienes obtenidos. Los ingresos y la toma de decisiones continúan siendo centralizados por el campesino productor, pero las estrategias de producción normalmente se vinculan con las de los vecinos, procurando que todos utilicen el mismo tipo de insumos y técnicas, compartan e intercambien semillas y/o cosechas y protejan sus parcelas entre todos.

El suelo de estas parcelas suele tener mayor cantidad de materia orgánica, debido a la adición de abonos naturales, acolchados y crecimiento de hierbas, sin embargo sigue siendo propenso a la erosión, aunque en menor cantidad que los sistemas convencionales. También se presentan algunas técnicas de retención de suelo y agua, como bordes, mampostería o raíces en las orillas, además de los árboles que sirven de amortiguamiento al viento y arrastre de suelo.

La capacidad de retención de estos suelos es mayor que la de los convencionales, pero tienen mayor presencia de plagas, debido a que no hay uso de pesticidas pero tampoco un manejo biológico, y esto afecta fuertemente los rendimientos. La resistencia a los factores ambientales también es baja, por lo que la contaminación, el cambio climático y los vientos o granizo siguen representando un fuerte problema en los cultivos.

En estas parcelas, hay más presencia de uso de técnicas artesanales, como el trillado y limpiado manual de frijol, la cosecha de maíz y ayocote, el uso de animales en el arado y trillado, o el manejo y cuidado del suelo. También existe un mayor vínculo con los ciclos domésticos y el intercambio de materia con los animales de corral, pues el zacate y rastrojo de la parcela sirve de alimento a los animales, mientras que sus excretas son el abono del suelo.

El manejo, selección, almacenamiento e intercambio de semillas ocurre en este sistema. La mayoría de los flujos son a nivel comunitario o entre vecinos. Además de esto, Tecuanipan posee un molino de zacate, por lo que el aprovechamiento es posible incluso para venta.

Una de las cualidades de este sistema, es su plasticidad, pues implica ingresos económicos y autoconsumo en pequeñas porciones, intercambia materia y energía con otros sistemas, y ocupa prácticas de manejo y conservación de suelo, semilla y ambiental, sin embargo su resistencia y resiliencia aún son bajas a plagas, factores ambientales y cambios en el mercado, pues aún depende de insumos externos, combustibles, químicos y comercio externo.

9.1.3 AGROECOSISTEMA TRADICIONAL

Diagrama. Agroecosistema de manejo tradicional en San Jerónimo Tecuanipan.

Elaboración propia.

El sistema tradicional tiene orígen en las prácticas prehispánicas y novohispanas de la comunidad, que se ha conservador por generaciones a través de las prácticas campesinas de las familias de Tecuanipan. Este sistema también se conoce como milpa tradicional, y es el más utilizado para la producción de alimentos para autoconsumo y animales de corral en la comunidad.

En la mayoría de las parcelas con manejo tradicional, el dueño es el productor, quien decide utilizar un manejo más natural y regenerativo para el suelo y ciclos de su sistema, pues la mayor parte, sino es que todo, será ocupado para autoconsumo y seguirá redituando a largo plazo, por varios años. Al ser dueño el campesino, no le es un costo, sino una inversión, mejorar la calidad de su tierra, y cuidar la salud ecosistémica, así como proteger sus cultivos de químicos tóxicos, contaminación y perturbación ambiental, y procurar la mayor diversidad, productividad y calidad posible de sus alimentos, adecuado a sus necesidades y recursos disponibles.

El sistema consiste en la siembra en forma de policultivo perenne (bosque comestible) o anual (milpa maicera), donde el cultivo central es el maíz criollo, que se siembra en distintas variedades dentro de la parcela, asociado a otros cultivos como frijol o ayocote, también criollo y de colores diferentes, flores y hierbas silvestres de uso para consumo culinario, medicinal, o de curaciones y comercialización, y en ocasiones el sembrado de calabaza o chayote, aunque éstos últimos han escaseado en la siembra durante la década actual.

En estos sistemas, también se permite o promueve la siembra de árboles frutales naturalizados y originarios de la región, como el aguacate criollo, el durazno, la ciruela, el tejocote, el capulín, la manzana, la guayaba y algunos cítricos como el limón. Es un sistema diverso, de alto aprovechamiento, pues la mayor parte de las plantas (e incluso insectos o animales) que crecen en este sistema, son utilizados para consumo doméstico, local o de los animales, así como dentro de la conservación de los mismos ciclos ecológicos naturales de la zona.

La diversidad genética, silvestre y productiva es alta en estos sistemas, donde se encuentran diferentes tipos de encino, más de 20 especies de árboles frutales, 5 o más variedades de maíz y frijol, y múltiples hierbas como el alachi, epazote o pichicha, además de las flores silvestres y sembradas.

El manejo del a semilla es importante en los agroecosistemas tradicionales, pues los cultivos sembrados son variedades criollas en su totalidad, reproducidas, almacenadas, mejoradas, seleccionadas y conservadas en las familias de

Tecuanipan por generaciones, y en ocasiones intercambiadas con los vecinos, a nivel comunitario e incluso con otros pueblos, por lo que llegan a un alcance regional.

Existe una mayor producción de biomasa en estos sistemas, que es reutilizada como abono en la parcela, y como alimento de los animales de corral, que a su vez, aportan abono natural al suelo. El manejo del suelo es alto, las zonas sombreadas son varias, la cantidad y frecuencia de fertilización es constante, a partir de materia orgánica vegetal y animal (excretas, rastrojos, hojarasca, zacate) y la microbiología es capaz de reproducirse. La cobertura de suelo es suficiente para mantener la humedad el doble de tiempo que los suelos de agricultura convencional y proteger a las raíces, hongos y microorganismos de la radiación solar directa.

En estos sistemas se aplican diversas técnicas de retención de suelo y agua, en su mayoría provenientes de las prácticas originarias de la localidad, y en algunos casos, de la creatividad e ingenio de los campesinos productores. Lo mismo sucede con los usos y aprovechamiento de los recursos y servicios que el sistema proveé.

También se utilizan herramientas artesanales, tracción animal, y trabajo artesanal o manual para el sembrado, arado, capado, cajoneado, cosecha y trillado del maíz, frijol y otros sembrados. El deshierbe sirve de alimento para animales, así como para comercio. El manejo de plagas es a través de distintos métodos, como podas, abonado y aplicación de preparados.

Algunos problemas presentados en este tipo de sistema son la falta de tiempo para manejar y cuidar todos los estratos y cultivos, así como para aprovecharlos, por lo que se presentan algunos excedentes de frutas principalmente, y algunas plagas en los árboles. Las parcelas con manejo tradicional presentan mayor resistencia a los factores ambientales (viento, lluvia, granizo), y los cambios climáticos, aunque también son afectados. Las técnicas de retención de suelo, agua y la presencia de árboles ayuda a prevenir la erosión, escorrentías, irradiación directa al suelo y otras consecuencias por fenómenos naturales.

A veces se comercializa una porción de los productos o excedentes de las parcelas en los mercados locales. Tecuanipan posee un molino de maíz, por lo que los

campesinos tienen el acceso al procesamiento de sus cosechas en este tipo de producción, agregando valor a sus productos al transformarlos en harinas, pinoles, masas y tortillas, y generando mejores ingresos, en puntos de venta cercanos o de su familia, sin intermediarios, y dentro de su comunidad.

Los rendimientos de los agroecosistemas tradicionales son muy similares a los de agricultura convencional; al ser policultivos de diferentes estratos, el espacio se aprovecha mejor para la producción de diversas especies, sin embargo eso implica más trabajo y tiempo de manejo. Si bien, no se maximiza la productividad de cada especie, a diferencia del monocultivo, sí se maximiza el área de producción, ocupando distintos niveles sobre el suelo y en los sistemas radiculares para el desarrollo de varias especies.

La organización en las parcelas es generalmente en conjunto con la familia, que participa desde la toma de decisiones respecto a la siembra y manejo, como en el trabajo, cosecha y reparto de bienes. Al igual que en los sistemas mixtos, se hace uso de redes de apoyo entre vecinos y comunitarios. Es poca la mano de obra empleada, y la maquinaria utilizada en estos sistemas.

Finalmente, es un ecosistema con varios intercambios de materia y energía dentro del mismo sistema, con los sistemas con los que se relaciona, sin embargo, su dependencia en insumos externos (transporte, fertilizantes, pesticidas, herbicidas, maquinaria, equipo) en menor que en los otros sistemas mencionados, por lo que conserva un mayor grado de autosuficiencia con ciclos cerrados.

9.2 VALORACIÓN DE LOS SISTEMAS

Para procesar los datos de los sistemas a evaluar, se otorgó una calificación a cada sistema por indicador de acuerdo a las escalas (Anexo) determinadas durante los procesos participativos, considerando las anotaciones de los transectos en campo (Anexo) y la información obtenida mediante las herramientas de levantamiento de información (Anexo). El proceso de asignación de valores fue acompañado por una experta en sustentabilidad miembro del colectivo ENCINO y la cooperativa SANJE.

Tabla. Valor asignado a los tres tipos de agroecosistema en cada indicador.

Criterio / Indicador	C/B	UNIT	Convencional	Mixto	Tradicional
Satisfacción laboral					
Percepción de beneficios		0/+++	++	++	+++
Percepción de riesgos		---/0	---	-	0
Perspectivas a futuro		---/+++	--	+	++
Relación costo-beneficio					
Rendimientos	B	Porcentaje	75	60	80
Ingresos al año		---/+++	+++	+	0
Ahorros al año		---/+++	0	++	+++
Perturbación ambiental					
Contribución al calentamiento global		----/0	---	--	-
Contaminación de suelo, agua y aire		-----/0	----	--	0
Residuos		--/++	--	++	++
Calidad de suelo					
Presencia de M.O.	B	Porcentaje	5	5	15
Presencia de microorganismos	B	Binary	no	no	yes
Diversidad de nutrientes		0/++++	0	+	++++
Acidez		-/+	-	0	+
Permeabilidad		--/++	-	+	++
Aireación		--/++	0	0	++
Capacidad de retención de agua		--/++	--	0	++
Erosión		---/+++	---	--	++
Manejo de suelo					
Incorporación de M.O.		0/++++	0	++	++++
Arado y volteado		ordinal	1	1	4
Cobertura del suelo		0/++++	0	++	++++
Rotación de cultivos		-/+	-	0	+
Deshierbe y capado		--/++	--	+	++
Cajoneado y fertilización		ordinal	3	2	4
Uso de maquinaria	C	binary	yes	yes	no
Manejo de microbiología		--/+	--	+	++
Salud del ecosistema					
Plagas y enfermedades		-----/0	-----	---	-
Deficiencia de nutrientes en plantas		---/0	---	--	0
Productividad		0/+++++	+++	+	+++++
Interconectividad		0/++++	0	++	++++
Conectividad		ordinal	2	3	6
Agentes biológicos		0/++++	0	+	+++
Indicadores biológicos		0/+++	0	+	++
Diversidad					
Diversidad genética	B	cantidad	2	5	10
Diversidad productiva	B	cantidad	1	2	24
Diversidad natural		0/+++	0	+	+++
Consumo de agua		ordinal	2	3	3
Manejo del ecosistema					
Asociación de cultivos		ordinal	2	3	5
Manejo de plagas		ordinal	1	2	4
Estratificación		ordinal	1	2	3
Cadenas tróficas y energéticas		0/++++	0	++	++++
Conectores biológicos		0/+++	0	++	+++
Aprovechamiento		ordinal	1	5	5
Manejo de agua					
Fuente de riego		-/+	-	+	+
Técnicas de Riego		ordinal	2	3	5
Manejo de semilla y reproducción de plantas		0/++++	+	+	++++
Prácticas de conservación					
Manejo de erosión		0/++	0	+	++
Retención de agua		0/++	0	+	++
Conservación de la semilla		0/++++	+	++	++++

Protección de fauna Polinización		0/+++++ 0/+++++	0 0	++ +	++++ +++
Equidad Organización Distribución Equidad de género		ordinal --/++ --/++	1 -- ---	2 - --	3 ++ ++
Autosuficiencia Autoconsumo Dependencia en insumos externos Transporte		ordinal ordinal ---/0	1 1 --	2 3 -	5 5 --
Recursos humanos Mano de obra Redes de apoyo Apoyos solidarios (faenas/medias/trueque) Participación de la familia Remuneración de la familia Recursos culturales Capacidad de innovación	B	ordinal ordinal 0/++++ 0/++++ binary 0/++++ ordinal	1 1 0 + no 0 1	2 3 +++ ++ yes +++ 4	3 5 ++++ ++++ yes ++++ 6
Recursos económicos Estrategias de comercialización Alternativas de comercialización Transformación del producto Medios de transformación		ordinal ordinal ordinal 0/+++++	1 1	3 4	4 3

Elaboración propia utilizando Definit 2.0.

9.3 ESTANDARIZACIÓN DE VALORES

Estos valores fueron estandarizados de acuerdo al comportamiento de cada indicador (Anexo), resultando un valor entre 0 y 1 por indicador para cada alternativa. El sistema de manejo Tradicional sobresale en la mayor parte de los puntajes, con excepción de los indicadores de ingresos al año y alternativas de comercialización, donde los valores más altos corresponden a los sistemas de manejo convencional y mixto respectivamente; y a los indicadores de residuos, consumo de agua, remuneración de la familia y aprovechamiento, donde los sistemas tradicional y mixto empatan, ocupando los valores más altos.

Tabla. Valores estandarizados de las alternativas.

CRITERIOS	INDICADORES	TRADICIONAL	MIXTO	CONVENCIONAL
	Percepción de beneficios	1	0.8	0.8
	Percepción de riesgos	1	0.4	0
Satisfacción laboral	Perspectivas a futuro	0.9	0.73	0.1
Relación costo-	Rendimientos	0.8	0.6	0.75

beneficio	Ingresos al año	0.5	0.67	1
	Ahorros al año	1	0.83	0.5
Perturbación ambiental	Contribución al calentamiento global	0.7	0.44	0.21
	Contaminación de suelo, agua y aire	1	0.4	0.09
	Residuos	1	1	0
Calidad de suelo	Presencia de M.O.	0.5	0.17	0.17
	Presencia de microorganismos	1	0	0
	Diversidad de nutrientes	1	0.4	0
	Acidez	1	0.5	0
	Permeabilidad	1	0.8	0.1
	Aireación	1	0.3	0.3
	Capacidad de retención de agua	0.9	0.4	0
	Erosión	0.9	0.1	0
Manejo de suelo	Incorporación de M.O.	1	0.7	0
	Arado y volteado	1	0.75	0.75
	Cobertura del suelo	1	0.7	0
	Rotación de cultivos	1	0.5	0
	Deshierbe y capado	1	0.9	0
	Cajoneado y fertilización	1	0.61	0.89
	Uso de maquinaria	1	0	0
	Manejo de microbiología	1	0.9	0
Salud del ecosistema	Plagas y enfermedades	0.7	0.27	0
	Deficiencia de nutrientes en plantas	1	0.2	0
	Productividad	1	0.4	0.82
	Interconectividad	1	0.7	0
	Conectividad	1	0.89	0.61
	Agentes biológicos	0.9	0.45	0
	Indicadores biológicos	0.9	0.65	0
	Consumo de agua	0.94	0.94	0.61
Manejo del ecosistema	Asociación de cultivos	1	0.89	0.61
	Manejo de plagas	1	0.89	0.61
	Estratificación	1	0.89	0.61

	Cadenas tróficas y energéticas	1	0.7	0
	Conectores biológicos	1	0.8	0
	Aprovechamiento	0.94	0.94	0.61
	Manejo de semilla y reproducción de plantas	1	0.4	0.4
Prácticas de conservación	Manejo de erosión	1	0.4	0
	Retención de agua	1	0.4	0
	Conservación de la semilla	1	0.7	0.42
	Protección de fauna	0.91	0.6	0
	Polinización	0.78	0.35	0
Equidad	Organización	1	0.89	0.61
	Distribución	1	0.1	0
	Equidad de género	0.9	0.1	0
Autosuficiencia	Autoconsumo	1	0.89	0.61
	Dependencia en insumos externos	1	0.89	0.61
	Transporte	0.33	0.67	0.33
Recursos humanos	Mano de obra	1	0.89	0.61
	Redes de apoyo	1	0.89	0.61
	Apoyos solidarios (faenas/medias/trueque)	1	0.75	0
	Participación de la familia	1	0.5	0.25
	Remuneración de la familia	1	1	0
	Recursos culturales	1	0.75	0
	Capacidad de innovación	1	0.89	0.61
Recursos económicos	Estrategias de comercialización	1	0.89	0.61
	Alternativas de comercialización	0.89	1	0.61
	Transformación del producto	1	0.75	0.75
	Medios de transformación	0.6	0.6	0.2

Una vez estandarizados los indicadores de los doce criterios, se comparó el comportamiento entre las alternativas en cada indicador, y su contribución al resultado final de cada criterio, a los que más adelante se les asignó pesos para la integración de resultados y evaluación de la sustentabilidad en los agroecosistemas estudiados.

Satisfacción Laboral

Los valores estandarizados de los indicadores presentan una mayor satisfacción laboral en los sistemas de manejo tradicional. Esto quiere decir que la sensación de bienestar y cumplimiento de necesidades básicas y secundarias que se obtiene como producto y durante el trabajo es más percibida en este tipo de sistemas.

La percepción de beneficios es alta en los tres sistemas, sin embargo el grado de bienestar a partir de los servicios ambientales, culturales, económicos, psicológicos y espirituales identificados por los campesinos es ligeramente mayor en su interacción con la naturaleza y el trabajo de campo de la milpa tradicional.

Esto puede deberse a que existe un vínculo más cercano entre las prácticas tradicionales de la milpa y su aprovechamiento, con los ciclos domésticos de sus familias y los constructos comunitarios, como los apoyos en la siembra, el intercambio de cosechas, el uso de hierbas medicinales, el involucramiento de la familia, la sensación de salud libre de tóxicos en los alimentos y el proceso de producción.

La propia satisfacción de los campesinos al cosechar de su tierra, a la cual cuidaron y alimentaron, con las prácticas que aprendieron de sus ancestros, además del arraigo de la tierra con su familia y comunidad al ser heredadas y trabajadas por generaciones, es un importante factor en el grado de satisfacción en este sistema, sumado a la sensación de contribución al cuidado del ambiente, la conservación de la diversidad, y el cuidado de la seguridad económica y alimentaria; que es un tema de importancia para los campesinos.

La percepción de beneficios también tiene razón en la diversidad de cosechas multiusos cultivadas en la milpa, que cumplen con la satisfacción de distintas necesidades además de la alimentaria y de ingresos (recreación, realización, espiritual, estética), y las condiciones microclimáticas del agroecosistema, como la sombra, la humedad, y los comestibles que pueden disfrutar durante el trabajo; además de la calidad de cosechas que colectan al final del ciclo, y comparten con su familia, y que no pueden recibir en los otros dos tipos de sistema.

Sin embargo, es verdad que hay beneficios que los tres tipos de ecosistemas comparten, como son los económicos (de diferentes formas) y el abastecimiento de alimentos. También cumplen con la necesidad de trabajar y proveer a sus cercanos de comida y otros servicios comprados.

La percepción de riesgos es mucho mayor en los sistemas convencionales de producción de alimentos, debido a que los factores ambientales como el granizo y el viento, lo vuelven más vulnerable a pérdidas al ser monocultivo, además de que el precio de los fertilizantes está encareciendo, y la dependencia en estos recursos, equipo y maquinaria externos, remueven la autonomía y resiliencia de los sistemas, y aumentan los costos, sin asegurar una cosecha rentable, por lo que la incertidumbre al invertir en esta producción es alta.

Los sistemas mixtos y tradicionales, tienen mayores recursos que aumentan la confianza al invertir en estos sistemas, pues la diversidad productiva, el uso de diferentes estratos, y el manejo de suelo aseguran la protección de los cultivos, su productividad y la resistencia a plagas y factores climáticos, además de la posibilidad de reproducir la semilla sembrada, a diferencia de los sistemas productivos convencionales, donde sólo puede adquirirse comprada, por lo que dependen del mercado para poder sembrar, independientemente de si poseen terrenos para hacerlo o no.

Los riesgos ambientales y a la salud también son mayores en la producción convencional, pues muchos de los agroquímicos utilizados como pesticidas o herbicidas, también son tóxicos para los productores que los aplican, y quienes consumen los alimentos, además de la contaminación al suelo, agu y aire que se produce por el uso de estos químicos, y afecta la salud ecosistémica y biológica.

Respecto a las perspectivas a futuro, el grado de esperanza de crecimiento, desarrollo, oportunidades y bienestar en los siguientes años, a partir de la forma de producción y aprovechamiento actual de los agroecosistemas es baja en el sistema convencional, debido a las problemáticas mencionadas; mientras que en los sistemas mixto y tradicional, se encuentra alta, debido a la autonomía y autosuficiencia que los sistemas presentan, así como la percepción de beneficios que brindan.

Gráfica estandarizada. Satisfacción laboral..

Elaboración propia utilizando Definit 2.0

Relación costo-beneficio

En el criterio de Relación costo-beneficio, puede observarse que el valor monetario o beneficio resultado del balance entre las salidas, costos, inversiones y las entradas, utilidades o ganancias, es alto en unos ámbitos en el sistema convencional y bajo en otros ámbitos, mayor en unos aspectos en el sistema tradicional, y menor en otros, y constante e intermedio en el sistema de producción mixta.

Los rendimientos son similares en los tres tipos de sistema, siendo de 80%, 75% y 60% para los sistemas tradicional, convencional y mixto respectivamente. El porcentaje del cultivo que se desarrolla dentro del rango de características esperadas y puede aprovecharse para autoconsumo o fines comerciales, es ligeramente mayor en el sistema tradicional, pero muy similar al convencional.

El porcentaje del cultivo que no se desarrolla, se daña, o no puede ser aprovechado es mayor en los sistemas mixtos debido a las fuertes plagas de frijol y amaranto, que son los cultivos prioritarios de estos sistemas. Esto está vinculado a la baja

disponibilidad de nutrientes en el suelo, y las pocas asociaciones simbióticas en el sistema.

La mayor parte de los factores que reducen los rendimientos de los cultivos, son la calidad del suelo; los factores ambientales como viento o granizo, y la presencia de técnicas de manejo, prevención y mitigación de estos factores, desde la retención de suelo y agua, hasta el manejo de plagas.

El grado de generación de ingresos netos por año a partir de la producción en los agroecosistemas y las actividades derivadas de ésta es mayor en los sistemas convencionales, debido a que éstos se destinan completamente a la comercialización, mientras que los sistemas mixto y tradicional se utilizan parcial o totalmente para autoconsumo.

También es importante mencionar que los altos rendimientos de los sistemas convencional y tradicional implica también mayores costos de producción que el sistema mixto; el primero respecto a la mano de obra, maquinaria, semilla y agroquímicos utilizados, el segundo por causa del transporte de recursos entre subsistemas de producción y mayor cantidad de trabajo.

El grado de generación de ahorros por la producción en los agroecosistemas y las actividades derivadas de ésta es alto en los sistemas tradicional y mixto, debido al autoconsumo y autonomía en estos sistemas, donde las necesidades de las familias son abastecidas directamente por el aprovechamiento de estos sistemas la compra de insumos como las semillas y el fertilizante, pueden suplirse con la selección de semilla, y los abonos naturales del deshierbe y excretas animales, aminorando costos de producción y consumo.

Los ahorros no sólo se presentan en la parcela, sino en la alimentación de animales de corral, que pueden servir como “colchón” financiero y venderse en el caso de la pérdida de cosechas, emergencias o necesidad de recursos económicos, sin mencionar los subproductos que se obtienen directamente de ellos, como el huevo, la carne, la leche, y el trabajo de arado.

El sistema mixto de producción presenta un comportamiento estable debido a la plasticidad de su aprovechamiento, pues una porción se destina a la generación de ingresos económicos, y otra al autoconsumo, que también representa un ahorro. Los rendimientos de este sistema son bajos, aunque el costo también, por lo que las pérdidas son menos significativas que en los otros dos sistemas que implican una mayor inversión monetarias, de recursos, energía y trabajo.

Por esto mismo, la disminución de productividad, los bajos rendimientos o la pérdida de cosechas es mucho más significativa en los sistemas convencional y tradicional, pero las ganancias también. Las ventaja de los sistemas tradicionales es su resistencia a los factores climáticos, su interconectividad entre sistemas, que lo vuelve autónomo y resiliente, y altos rendimientos en los cultivos; sin embargo es necesaria la formación de estrategias para la generación de ingresos económicos, que es la fortaleza del sistema convencional, aunque de éste último no es posible generar las estrategias de autoconsumo y seguridad alimentaria que el sistema tradicional ofrece y forman parte del ahorro de las familias campesinas.

Gráfica estandarizada. Relación costo-beneficio.

Elaboración propia utilizando Définit 2.0

Perturbación ambiental

Los indicadores de perturbación ambiental son indicadores de costo en la medición de la sustentabilidad, y muestran que en todos los sistemas existe un impacto al ecosistema en diferentes escalas. Sin embargo, puede observarse que las emisiones de GEI y contribuciones a la degradación ambiental, la contaminación y la aceleración del cambio climático son mayores en el sistema convencional, por lo que su puntaje es más bajo en cuestión de sustentabilidad, a diferencia del sistema tradicional, cuyas prácticas tienen un menor impacto ambiental, y por lo tanto presenta puntajes altos de sustentabilidad; o el mixto, que se presenta sustentable en algunos ámbitos, y perjudicial en otros.

El grado de presencia y uso de fuentes combustibles fósiles para las actividades de producción es mayor en el sistema convencional y en el mixto que en el tradicional. Para las actividades de producción convencionales, y en menor grado,en los sistemas mixtos se utiliza tractor, equipo, máquinas, transporte y sustancias que contribuyen al calentamiento global; situación que no se presenta en la producción mixta, más que para el transporte de materiales y trabajadores.

Lo mismo sucede con la cantidad de agroquímicos aplicados en los sistemas de producción, donde existe la fertilización, manejo de plagas y control de hierbas a partir de la aplicación de químicos que implican riesgos a la salud humana y ecosistémica en los sistemas convencionales. El uso de estos fertilizantes, desestabiliza la química y acidez del suelo, afecta su permeabilidad y elimina su biología, que es importante para la asimilación de nutrientes de los cultivos y la resiliencia a enfermedades.

Del mismo modo, el uso de pesticidas se vuelve un riesgo para la fauna y poblaciones humanas cercanas, pues muchas de estas sustancias contienen metales pesados bioacumulables en los organismos, causantes de enfermedades crónicas como cáncer y autoinmunes, y también contienen moléculas que funcionan como disruptores endocrinos no sólo para las plagas, sino para los humanos y para la fauna e insectos que funcionan como polinizadores y agentes biológicos tanto de las zonas productivas y de conservación, poniendo en riesgo su existencia.

El uso de herbicidas también afecta la biodiversidad de la vegetación nativa cercana, y, al igual que los otros químicos, se vuelve un riesgo al ser arrastrada por viento y aire hacia caudales de agua o zonas de conservación. Todo esto forma parte de la contaminación de suelo, agua y aire.

En el caso de los sistemas tradicionales, el uso de químicos es nulo generalmente, pues el manejo de plagas y hierbas se realiza manualmente y se aprovecha como parte de los recursos energéticos y materiales del sistema. El suelo y ecosistemas dentro y cerca de las parcelas con este manejo, por lo general tienen un mejor grado de salud y estabilidad, de modo que son sistemas más resilientes.

Los sistemas de producción mixtos se ven afectados en el suelo por la aplicación de fertilizantes químicos, que lo vuelven ligeramente impermeable y con menor capacidad de retener agua, además de que desequilibra la acidez y química del suelo, aunque se ven bastante compensados con la aplicación de abonos naturales y acolchados, y no ocasionan los efectos adversos en la biodiversidad que los sistemas convencionales generan con el uso de pesticidas y herbicidas.

En materia de residuos, puede observarse una gran diferencia entre el tipo de residuos generados en los sistemas tradicional y mixto, y el sistema convencional, pues generalmente en los primeros se producen rastrojos de deshierbe, zacate y excretas animales que se compostan y utilizan como abono natural de la tierra; y en el sistema convencional, como contraste, se producen pocos residuos compostables, debido a la ausencia de hierbas silvestres por aplicación de químicos, y la mayoría de los desechos generados en el ciclo de producción contribuyen a la contaminación y degradación ambiental.

Gráfica estandarizada. Perturbación ambiental.

Elaboración propia utilizando Définit 2.0

Calidad del suelo

El diagnóstico y medición de la calidad del suelo se realizó en su mayoría por medio de un muestreo y análisis de suelo en campo. La capacidad ecológica y productiva en general se identificó muy alta en los sistemas de manejo tradicional, media en los mixtos, y muy baja en los sistemas convencionales

El porcentaje de materia orgánica presente en la estructura del suelo es de 15% en las parcelas tradicionales y de 5% en las mixtas y convencionales, considerando un ideal entre 30% y 50% de materia orgánica en los primeros 30 cm de profundidad, para que sea tomdo como sustentable. Esta profundidad se debe a que es el mínimo espacio requerido para sembrar y permitir el desarrollo de los cultivos.

La presencia de materia orgánica es tres veces mayor en los sistemas tradicionales, debido a la aplicación constante de abonos y acolchados naturales y a la existencia de árboles nativos (*Quercus sp*.) y frutales como el aguacate, que producen hojarasca y biomasa rica en carbono y nitrógeno que alimenta la capa superior del suelo junto con los abonos de corral.

Esto, además de aportar a la disponibilidad de nutrientes en el suelo para las plantas, contribuye a la mejora de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, como su porosidad, su acidez y a la presencia de microorganismos, que en conjunto también mejora aspectos como retención de agua y regeneración de la capa fértil del suelo.

La actividad biológica derivada de la existencia de materiales con nitrógeno y carbono en biodegradación, que forman parte de la materia orgánica del suelo, es imprescindible para el mantenimiento de los ciclos químicos de nutrientes en el suelo, su aprovechamiento en los cultivos y la descomposición de la biomasa.

La presencia de microorganismos en las parcelas tradicionales es alta, y se reconoce a partir de los micelios blancos en la hojarasca y la materia orgánica en descomposición. Estos mantienen el equilibrio en el suelo y su productividad. Los sistemas mixto y convencional no tienen una presencia notable de microorganismos, debido a que son pocas las prácticas de manejo que conservan las condiciones adecuadas para la vida en el suelo.

La diversidad de nutrientes encontrados en la materia orgánica es muy alta en los sistemas tradicionales, considerando los nutrientes solubles en agua, sólidos y los volátiles presentes en los primeros 30 cm de profundidad. En los sistemas mixtos se presentan nutrientes principalmente solubles en agua, debido al abonado y fertilizantes químicos; mientras que en los sistemas convencionales, es muy baja la presencia de nutrientes, con excepción de algunos volátiles y solubles.

El grado de acidez de la tierra, considerando los primeros 30 cm de profundidad, es neutro en los sistemas tradicionales, ideal para la siembra de diversos cultivos, con un grado de 7 de acuerdo a la escala de pH. En las parcelas de manejo mixto, el pH es de 6, siendo ligeramente más ácido, pero aún viable para la siembra y mantenimiento de la microbiología; sin embargo en los agroecosistemas convencionales, el pH es de 5, siendo muy ácido para las plantas y dificultando su desarrollo.

Respecto a la capacidad del suelo de permitir la infiltración de agua, en los suelos de manejo tradicional, existe una buena permeabilidad, que permite la infiltración del agua de lluvia excedente de la parcela en los mantos freáticos del subsuelo. En las parcelas mixtas, el suelo se presenta ligeramente drenador debido a la estructura arenosa que tiene, sin embargo sigue aportando a la infiltración de agua.

En los suelos de producción convencional, a pesar de ser los más arenosos, el suelo se muestra severamente impermeable, debido a la alta presencia de sales que vuelven difícilmente penetrable la capa superior del suelo. La impermeabilidad de estos suelos provoca que el agua tarde al menos cuatro veces la velocidad de los sistemas tradicionales para su infiltración.

Esto es un factor de riesgo para la erosión del suelo y nutrientes, así como la contaminación del agua del río en los caudales más cercanos y la vegetación nativa cercana. Cuando se acumulan grandes cantidades de agua sobre suelos principalmente con pendiente, se crean escorrentías que arrastran al sustrato y lo conducen a depósitos de suelo y agua.

El arrastre de sustrato en las parcelas convencionales no sólo disminuye la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo de la parcela y su microbiología, sino que en suelos donde se utilizan químicos tóxicos para la producción, el arrastre de nutrientes también implica el de las sustancias que se encuentran en el suelo, siendo una fuente de contaminación fuerte en los ecosistemas terrestres y acuáticos así como su biodiversidad.

La impermeabilidad, sumada a la estructura arenosa y fácilmente erosionable del suelo, sin el uso de coberturas vegetales que lo protejan, y la falta de implementación de técnicas de retención del suelo, provoca la erosión frecuente e intensa de sustrato en las parcelas convencionales.

La presencia de oxígeno en la estructura del suelo, manifestada en forma de poros, y derivada de la estructura mineral y cantidad de materia orgánica del suelo, es importante para el desarrollo adecuado de sistemas radiculares, la infiltración de agua

en el suelo, la presencia de nemátodos y macroorganismos del suelo, y la oxigenación de las plantas y vida del subsuelo.

En el caso de las parcelas tradicionales, esta aireación natural es alta, debido a la presencia de troncos, raíces y materia en descomposición que contiene oxígeno, así como por la presencia de aves y microorganismos que se movilizan en suelo, y las prácticas de arado y volteado de tierra artesanales.

La aireación en las parcelas de producción mixta y convencional es baja, debido a la compactación del suelo por trator, la poca incorporación de materia orgánica, y la falta de vida en el suelo que movilice al sustrato y creé poros y túneles que mantengan el oxígeno presente en el suelo.

La capacidad de retención de agua de los sistemas tradicionales es muy alta, conservando hasta por una semana la humedad captada en la superficie. En los sistemas de manejo mixto, la humedad se mantiene por 4 días como máximo en los primeros 30 cm de superficie del suelo, debido a la alta presencia de arenas y limos (90% del suelo) mientras que en los convencionales, ésta dura de uno a tres días por mucho.

Aún cuando los suelos sin impermeables a inicio, la retención de agua es poca en los sistemas convencionales, pues el suelo arenoso, no detiene la evaporación y drenaje, a diferencia de los suelos ricos en materia orgánica y biomasa, que fácilmente infiltran el agua, pero retienen a humedad en la superficie por períodos largos, y protegen al suelo de la evaporación. La presencia de árboles que proporcionen sombra, también contribuye a este efecto.

La tendencia del suelo a ser removido o arrastrado por factores ambientales o biológicos, como el viento, agua o animales, es muy alta en las parcelas de producción convencional, con suelos desnudos y rotos por el tractor, arenosos y sin sistemas radiculares vivos o muertos que lo retengan, lo que aumenta el problema de erosión constantemente.

En el caso de las parcelas mixtas y tradicionales, el suelo por lo general se encuentra cubierto de rastrojos y biomasa que lo protegen del arrastre hídrico y por viento, además de que en estos sistemas se utilizan técnicas de retención de suelo que impiden el arrastre en las zonas con mayores pendientes, orillas de las parcelas o en los canales de los surcos. Además de esto, el manejo de suelos en los sistemas tradicionales promueve la regeneración de suelos y acumulación de nutrientes de forma cíclica y permanente.

Gráfica estandarizada. Calidad de suelo.

Elaboración propia utilizando Définit 2.0

Manejo de suelo

La diversidad de técnicas, herramientas, conocimientos, métodos y formas utilizadas para la conservación, protección y cuidado del suelo, son lo que se nombra como manejo de suelo, cuya función es recuperar, mantener y mejorar el equilibrio, composición, estructura y microbiología de la tierra.

La gráfica muestra que la incorporación de materia orgánica es constante, casi cíclica en las parcelas de producción tradicional. También se presenta alta en los sistemas de producción mixta, aunque, a diferencia de la primera, en la producción mixta, el abono vegetal, animal, o composta obtenidos del rastrojo y sistema de animales, no son el único medio de fertilización del suelo, y su volúmen y frecuencia de aplicación es menor.

Las parcelas de producción convencional no utilizan en absoluto abonos naturales para la nutrición de sus suelos, e incluso remueven las fuentes de materia orgánica por medio del arado y eliminación química de hierbas. Esta es la causa raíz por la que el porcentaje de materia orgánica en estos suelos es muy baja, acompañada de los procesos de erosión hídrica y eólica que afectan a las parcelas convencionales y mixtas.

No obstante, se pudo observar en los transectos, que algunos campesinos con tierras altamente erosionadas, donde la productividad y fertilidad ha bajado significativamente por causa del sobre uso de agroquímicos y maquinaria, ocupan como remedio la aplicación de gallinaza o abonos naturales para recuperar el suelo, por lo que se puede deducir que estas técnicas de manejo se conocen en toda la comunidad, sin embargo no se deciden utilizar debido a la priorización de la producción para uso comercial, basada en manejo convencional con químicos.

Muchos de los abonos naturales son precomposteados por los campesinos, y luego aplicados junto con el rastrojo en las parcelas, para que el compostaje sea lento y aporte nutrientes constantemente a los cultivos, además de que esto ahorra transporte del zacate y deshierbes. No se tienen zonas de compostaje en las parcelas debido a los robos de este recurso por otros campesinos, que también lo utilizan, por lo que el compostaje se realiza en el sistema de animales.

La incorporación de materia orgánica, no sólo aporta a la disponibilidad, abundancia y riqueza de nutrientes, sino también a la mejora de la estructura, permeabilidad, capacidad de retención de agua y microbiología del suelo, por lo que este indicador se relaciona fuertemente con otros indicadores de manejo.

Esta actividad se realiza frecuentemente en los tres tipos de sistema, de forma periódica según las necesidades del cultivo, generalmente en las etapas de siembra, cajoneado y después de la cosecha y deshierbes. La forma de labranza del suelo, el equipo y herramientas utilizadas, y la intensidad de su realización tiene diferentes formas en Tecuanipan.

En las parcelas tradicionales, normalmente se utiliza un arado manual, debido a que el rastrojo en estas parcelas dificulta el uso de máquinas, y además, se conoce que esta técnica de trabajar la tierra “a pie” evita la compactación del suelo. Se utilizan herramientas artesanales como el machete, la hoz y el arado.

En las parcelas mixtas se utiliza la yunta o máquinas artesanales frecuentemente y casi siempre maquinaria o tractor desde la preparación de la tierra para la siembra hasta el final del ciclo productivo. En las parcelas convencionales, es imprescindible el uso de tractor y equipo para preparar la tierra, trabajarla, cegarla y procesar las semillas.

El uso de maquinaria en el suelo tiene un alto impacto en su estructura y provoca su compactación a largo plazo, por lo que es un factor determinante en la productividad del terreno, además de que voltea y deja al suelo desnudo, exponiendo y eliminando a la microbiología que contiene y que ayuda a los ciclos de las plantas.

Al igual que con la materia orgánica, la presencia de acolchados que protegen a la superficie del suelo es constante en los sistemas tradicional y mixto, mientras que en los sistemas convencionales es nula. Los sistemas tradicionales hacen uso de acolchados vivos y secos, es decir, de hierbas silvestres, hojarasca y rastrojo; cuando en los sistemas mixtos sólo se aplican acolchados secos de zacate y deshierbe.

Esta técnica de manejo de suelo aporta tanto a la presencia de manera orgánica en la parcela, como a la conservación de la microbiología, al crear un hábitat húmedo y protegido de la irradiación solar, rico en carbono. Además de esto, previene el suelo de erosión, aumenta la porosidad y mejora la aireación y estructura del suelo, retiene humedad, y crea una reserva de nutrientes para el suelo a mediano plazo, por lo que se asocia a los indicadores como erosión, agua, biología y nutrientes.

La rotación de cultivos se practica siempre y de forma planificada en los sistemas tradicionales, debido a su relación con la organización familiar y comunitaria, y la tenencia de la tierra donde se realiza esta forma de producción. En los sistemas mixtos existe un cambio anual de las especies cultivadas durante los periodos de

renta de los campesinos, sin embargo no es una práctica estable, debido al cambio de productor en las parcelas cada periodo.

En las parcelas convencionales no se practica rotación, sino agricultura intensiva con el mismo cultivo cada año. Esto afecta la productividad y el mantenimiento del equilibrio químico-biológico del suelo, de modo que algunos nutrientes dejan de estar disponibles en el terreno y los rendimientos de los cultivos se vuelven dependientes, de manera incrementada cada año, de insumos externos.

El deshierbe y capado en las parcelas tradicionales se realiza de forma periódica y manual, de acuerdo a las necesidades del terreno, y reutilizando los residuos generados en esta actividad. En las parcelas de manejo mixto es similar el manejo. En los sistemas convencionales, esto no es necesario debido al uso de tractor y aplicación de herbicidas que no permiten la aparición de hierbas constantes.

Cajoneado y fertilización

La frecuencia e intensidad de aplicación de abonos o fertilizantes para la siembra, y el manejo de los surcos, es alta en los sistemas tradicional y convencional. Esto se asocia a la productividad de las parcelas, razón por la cual estos dos tipos de sistema tienen mejores rendimientos que el sistema mixto. Esto también está relacionado a los costos de producción, y los ciclos regenerativos del suelo en las parcelas.

Un abonado constante, utilizando fuentes naturales, de materia orgánica y un arado artesanal, poco invasivo al suelo, como es el caso de las parcelas tradicionales, contribuye al mantenimiento de la capacidad productiva y ecológico-biológica de su suelo, y aunque aumenta los costos de producción a corto plazo, tiene un efecto benéfico a mediano y largo plazo, pues la acumulación de estos nutrientes y el arado frecuente, mejoran la estructura, acidez, equilibrio y calidad del suelo, su microbiología y la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

La fertilización y cajoneado frecuentes utilizando estos insumos y métodos, son un factor determinante en la sostenibilidad de los cultivos y una inversión positiva, pues además de mejorar las características del suelo, y por lo mismo, de las cosechas,

produce la aminoración de costes a largo plazo e incrementa la rentabilidad de la producción.

Un abonado con fertilizantes químicos, como es el caso de la parcela tradicional, si bien contribuye al mantenimiento de la productividad en los cultivos, también incrementa la sinergia e intensidad de la contaminación producida por la aplicación de estos agentes. Por lo que tiene un efecto positivo como negativo. A largo plazo, el efecto negativo es mayor, pues deteriora y desequilibra químicamente el suelo, lo compacta y empobrece su biología, lo cual afecta negativamente la productividad del suelo y los rendimientos en los cultivos.

Es por esto, que muchos campos son abandonados y poco fértiles después de repetir estas prácticas por periodos largos de tiempo. Una agricultura intensiva en monocultivo sin rotación no sería posible sin la aplicación constante de fertilizantes, pero la dependencia de químicos también incrementa los costos de producción, y vuelve menos rentable la producción a largo plazo.

El manejo mixto implica menos inversión de trabajo y abono en la parcela, lo cual reduce su productividad, pero facilita su mantenimiento a corto y mediano plazo; sin embargo esto reduce los ciclos regenerativos del suelo y la producción a largo plazo, y lleva a la necesidad de aumentar estos esfuerzos de forma convencional o tradicional según las necesidades de los campesinos.

El manejo de microbiología implica el uso de la combinación de técnicas y preparados anteriormente mencionados. En el caso de las parcelas mixta y tradicional, el manejo de microbiología es alto, la diversidad de uso de técnicas para la conservación de suelo, humedad y sombra, como la aplicación de coberturas y abonos, contribuye a este aspecto. Adempas, los sistemas tradicionales que tienen espacios sin perturbación y árboles que aporten sombra en la parcela, mejora las condiciones para que la biología en el suelo permanezca.

Gráfica estandarizada. Manejo de suelo.

Elaboración propia utilizando Définit 2.0

Salud del ecosistema

La capacidad de carga, equilibrio, resistencia y resiliencia de los sistemas, con base en el estado de sus elementos, relaciones y atributos sistémicos, es notablemente mejor en las parcelas de manejo tradicional, pero también está medianamente alta en los sistemas de producción mixta. Los ecosistemas de producción convencional presentan puntajes muy bajos de sustentabilidad respecto a la salud de sus ecosistemas en la mayor parte de los indicadores, lo que anuncia la presencia de varios factores que lo vuelven vulnerable ante el cambio climático y los factores ambientales, y arriesga la cosecha de los cultivos sembrados.

La presencia de diversas plagas y enfermedades es alta en los monocultivos de producción convencional, a pesar de la aplicación de pesticidas que las controlen. Esto puede deberse a la falta de algunos nutrientes en el suelo que aportan resistencia a las plantas, y la falta de asociación simbiótica con otros elementos del sistema que las protejan. Estas asociaciones son el recurso más importante de la mayoría de especies vegetales para protegerse de sus depredadores.

En las parcelas de manejo mixto, se presentan bacteriosis y plagas en algunos estratos, también ocasionadas por deficiencias en el suelo y pocas asociaciones a otras especies, pero en menor medida que los sistemas convencionales y sin el requerimiento de plaguicidas. Las plagas encontradas en las parcelas tradicionales son pocas, y únicamente se localizan en el estrato arbóreo, pues existen varios

recursos, nutrientes y asociaciones que aumentan la resiliencia y resistencia de las plantas ante estas amenazas. Esto tiene repercusiones en los rendimientos, salud, estado y desarrollo de los cultivos, así como el equilibrio, los ciclos y la estructura del sistema.

Se pueden observar signos y síntomas en las hojas y estructura de las plantas, que indican falta de uno o más nutrientes principalmente en los cultivos mixtos y convencionales, lo cual afecta el desarrollo vegetativo y su resistencia a las amenazas ambientales. Dentro de las parcelas tradicionales, se encuentran muy pocos individuos con deficiencia de nutrientes.

La productividad de los cultivos, y por consecuencia, la abundancia y calidad de las cosechas, se ven determinados por los factores anteriormente mencionados. En las parcelas de producción convencional y tradicional, la productividad es alta, mientras que en los manejos mixtos, se observa una baja productividad. Este factor determina la entrada de los productos al mercado y la seguridad nutricional de quien los consume; por lo que vincula fuertemente las necesidades del ecosistema, de tener manejo agroecosistémico sustentable, con las necesidades económicas y alimentarias de las familias campesinas y los consumidores,

Respecto a la presencia de flujos e intercambios de materia y energía entre subsistemas, existe una alta interconectividad e interdependencia entre los elementos y subsistemas de manejo tradicional, donde se realizan ciclos cerrados de nutrientes, lo cual permite su autosuficiencia y resistencia a factores externos.

Esto puede visualizarse en el uso de deshierbes y zacate como alimento de animales y nutrición del suelo, donde a su vez los animales producen excretas para el abonado del suelo. Los subproductos y cosechas de los animales pasan en forma de alimentos y medicinas a las familias de los campesinos, que al mismo tiempo, ocupan su energía en forma de trabajo para el manejo y producción de la parcela.

Además de esto, se presenta un respeto por los flujos y ciclos naturales, pues la temporalidad, planeación, asociación y rotación de cultivos tradicional, va alineada a

los cambios temporales en el ambiente, y los requerimientos del agroecosistema para regenerarse y mantener su equilibrio.

En el sistema mixto, también existen, en menor medida, estos intercambios; sin embargo la mayor parte de las cosechas no se utilizan en los ciclos domésticos, sino que se presentan como salidas del sistema al comercializarse en la localidad, y entra en las familias en forma de ingresos; sin embargo es un flujo lineal que no regresa la entrada de insumos al agroesistema para recuperarse.

Las entradas que el sistema mixto tiene son las que se conservan como ciclo cerrado, es decir, los abonos naturales provenientes de las excretas animales y rastrojos de deshierbe utilizados como acolchados y nutrientes de la tierra, Las entradas al sistema por parte de agentes externos, son la maquinaria, mano de obra y fertilizantes utilizados en algunas actividades del campo.

El sistema convencional presenta más salidas que entradas benéficas al sistema. Estas salidas, muchas veces también tienen impactos nocivos en el ambiente con el que interactúa. Las entradas al sistema son los fertilizantes, maquinaria, equipo y mano de obra requeridas para la producción de alimentos en este modelo. Esto implica un alto uso de energía proveniente de combustibles fósiles durante el transporte de materiales y trabajadores, uso de máquinas y sintetización de los agroquímicos, así como la energía de trabajo realizada por los empleados.

Las principales salidas del sistema son el arrastre de nutrientes debido a la impermeabilidad de los suelos y falta de estrategias de retención; los productos de la erosión eólica e hídrica y los contaminantes derivados del uso de agrotóxicos. Al no haber hierbas en este sistema, es nulo el rastrojo producido, y tampoco se consume la cosecha, sino que se comercializa en su totalidad, por lo que no existen ciclos cerrados o interconexiones recíprocas con los otros subsistemas como los animales y los ciclos domésticos.

A pesar de esto, la comercialización de las cosechas al exterior representa la salida de nutrientes del sistema, que se retorna en forma de ingresos a las familias, y en la inversión de insumos externos para la producción de las parcelas. Aunque no hay un

consumo por parte de los animales y familias, en ocasiones éstos subsistemas sí aportan energía en forma de trabajo a la producción, por lo que el sistema convencional, se vuelve muy dependiente de insumos externos, y poco resiliente, debido a la falta de interconectividad entre sus subsistemas, y desequilibrio entre las entradas y salidas de sus flujos, que no beneficia a los animales o familias, y genera muchas salidas e inyección de insumos externos en las parcelas.

En los sistemas tradicional y mixto, las relaciones con el exterior se presentan más balanceadas, pues los productos en parte son procesados, lo que implica un valor agregado, que crea un excedente en los ingresos para las familias. Esto significa una salida de nutrientes, pero una retribución justa que permite balancear al sistema

Además de la interconectividad y conectividad en los agroecosistemas, la presencia de agentes biológicos que contribuyen a la conservación de ciclos ecológicos y productivos del agroecosistema. Estos se presentan en diversas formas, según la función que realicen en el sistema.

En los sistemas de producción tradicional se puede visualizar la presencia de polinizadores, plantas y bacterias fijadoras de nutrientes, hongos y bacterias descomponedoras, entre otros que facilitan el desarrollo de las plantas, el equilibrio ecosistémico, los intercambios genéticos entre especies y las transformaciones químicas de nutrientes en el suelo.

En las parcelas de manejo mixto, también existe presencia de estos agentes, identificando principalmente a los organismos que coexisten en el suelo; sin embargo la presencia de polinizadores o controladores biológicos es poca debido a la mayor exposición de las parcelas.

En las parcelas convencionales, se encuentran muy pocos agentes biológicos por consecuencia del uso de pesticidas que los amenazan, el manejo violento del suelo que impide su hábitat por microorganismos y vegetación fijadora, y el uso de herbicidas que no permiten el crecimiento de flores silvestres que atraigan polinizadores u otro insectos y fauna.

La presencia de algunas especies también indica en parte el grado de salud del ecosistema, pues existen algunas cuya existencia depende de condiciones microclimáticas muy específicas que sólo existen cuando el equilibrio del ecosistema es alto. Algunos de los factores que determinan la presencia de estos indicadores biológicos, es la estabilidad de la temperatura dentro del sistema, la humedad y sombra, o la presencia de algunos tipos de vegetación como árboles.

En las parcelas de producción tradicional, se presentan algunas especies endémicas y especialistas que sólo se manifiestan en condiciones similares a las del ecosistema nativo, como algunas aves, hongos, insectos y plantas epifitas que crecen en los encinos (Quercus) sp. o habitan los árboles frutales viejos de las parcelas.

Estos indicadores biológicos también se presentan en algunas parcelas mxtas con estas condiciones o en zonas cercanas poco perturbadas con vegetación arbustiva o arbórea del bosque nativo, aunque en su mayoría son especies generalistas o especialistas (requieren ciertas condiciones para subsistir), pues las endémicas están muy expuestas en las parcelas de pocos árboles.

En los sistemas de manejo convencional, sólo se identifican algunas especies generalistas, de alta plasticidad y capaces de adecuarse a condiciones adversas, pues la falta de estratos y vegetación nativa, así como de diversidad microclimática, dificulta la atracción de especies nativas y migratorias más sensibles a las condiciones ambientales.

Com último indicador, pero no menos importante, la gráfica muestra el consumo de agua en los sistemas estudiados, Esto determina los ritmos de producción y la intensidad en el uso del suelo, Tanto las parcelas tradicional como mixta, utilizan la lluvia de temporal como fuente de agua, por lo que sólo se cultiva en este periodo, y permite a descansos en la tierra. En época de secas, los campesinos buscan otras fuentes de ingresos alternativas al campo.

El sistema convencional generalmente utiliza riego todo el año, o al menos durante la época de secas. Debido a que las parcelas convencionales se destinan a comercialización, se siembran todo el año, por lo que se realiza un uso intensivo de

la tierra, y depende de fuentes de agua externas para mantener la productividad de los cultivos.

Gráfica estandarizada. Salud del ecosistema.

Elaboración propia utilizando Définit 2.0

Manejo del ecosistema

En este criterio resalta la sobresaliencia de los sistemas de manejo tradicional en el uso de diversas técnicas, herramientas, conocimientos, métodos y formas de conservación, protección y cuidado del equilibrio sistémico, su composición, su estructura y la mejora de sus atributos. No obstante, también se marcan altos puntajes en la sustentabilidad de los sistemas mixto y convencional, debido a que en los tres sistemas, se utilizan prácticas tradicionales para el manejo ecosistémico, aunque en diferentes grados cada uno.

La asociación de cultivos para la generación y respeto de las relaciones simbióticas naturales entre especies es aplicada en el sistema de manejo tradicional desde los tiempos prehispánicos. Actualmente, se ha reducido la importancia que le dan los campesinos a este aspecto; sin embargo sigue estando presente de forma notable en los sistemas de milpa tradicional y con frutales. Un ejemplo clásico es la asociación de maíz, calabaza y frijol, así como de hierbas y flores como el epazote, alachi, y hierbas medicinales.

Existen asociaciones con especies perenne en los sistemas tradicionales, como el crecimiento de epífitas, hongos, líquenes y hierbas silvestres en los microclimas

generados por los árboles viejos, que se aprovechan para leña y cosecha de frutos, además de servir como rastrojo para el suelo cuando son podados. También se asocian especies anuales, como las mencionadas anteriormente, en forma de policultivo, que es el formato más común de milpa maicera.

En los ecosistemas mixtos, también se asocian las especies cultivadas, pero la diversidad en estas asociaciones es mucho más baja que en las parcelas de producción tradicional. En los sistemas convencionales, es poca o nula la existencia de estas relaciones, debido a que la producción es en forma de monocultivo. La promoción de asociaciones aporta a la protección de los cultivos respecto a plagas y virus, mejora la calidad de las cosechas y genera intercambios de nutrientes entre las plantes y con el suelo, aumentando su resistencia.

El manejo de plagas se realiza de diferente forma en los tres sistemas. En el sistema convencional, se utilizan los agroquímicos, que eliminan a los insectos, hongos, parásitos, bacterias, virus y fauna que amenaza el rendimiento, desarrollo y salud de los cultivos.

El método de eliminación por agroquímicos detiene o modifica los ciclos biológicos de los organismos con los que interactúa (sean o no plagas), para impedir su reproducción, crecimiento, o incluso la paralización de alguno de sus órganos, lo cual los mata de inanición o reacciones graves. Por lo que es una amenaza no únicamente para las plagas, sino para los polinizadores y agentes biológicos que interactúan con las parcelas, incluyendo al humano.

En el sistema mixto no hay un manejo presente, pues la atención de los productores se dirige más al manejo de plagas en las parcelas tradicional y convencional. En el sistema tradicional se utilizan diversas técnicas de manejo, como el abonados, las podas y la asociación de cultivos. El manejo del suelo contribuye en gran medida a la nutrición de las plantas, su resistencia, y por lo mismo al control de estos agentes.

El aprovechamiento de los distintos estratos dentro de una misma área de producción es evidente en los sistemas de manejo tradicional, donde se generan al menos tres

estratos de cultivos: los árboles, el amaranto y el maíz, y el frijol, hierbas y flores en una misma zona, maximizando el trabajo y producción de la parcela.

El manejo de estratos en el subsistema de la parcela lo complejiza y aumenta las relaciones simbióticas entre los elementos, factores ambientales y agentes biológicos que interactúan en éstos. Se producen mayores servicios ambientales que benefician a los productores y a los organismos del agroecosistema, como la generación de sombra de árboles, que protege la vida del suelo de la irradiación solar directa, y sirve de espacio recreativo para los campesinos.

El aprovechamiento de estratos también implica el aumento en la producción de biomasa, debido a que son más las plantas aportando residuos orgánicos a la misma área de suelo, además de que permite la generación de condiciones microclimáticas que sirvan de resguardo a fauna y especies nativas, polinizadores y agentes biológicos.

El uso de estratos también vuelve más resiliente al agroecosistema, debido a la complejidad en sus relaciones, su interconectividad y la generación de ciclos cerrados de materia y energía, alineados a las cadenas tróficas y energéticas del entorno en el que se encuentran.

Finalmente, también funcionan como estrategias de manejo de suelo, pues la diversidad de sistemas radiculares y especies, aporta una mejor estructura y flujo de nutrientes al suelo de la parcela, influyendo en su aireación, retención de agua y suelo, propiedades físicas y químicas, y presencia microbiológica.

En los sistemas mixtos, se presentan generalmente uno o dos estratos, considerando al amaranto o frijol sembrado, y las hierbas que crecen a ras del suelo o algunos árboles salteados en la parcela; sin embargo a nivel ecosistémico, el paisaje figura el aprovechamiento de un sólo estrato, lo cual expone a los cultivos y el suelo directamente al sol, afectando su microbiología y salud.

Los sistemas convencionales, al ser monocultivo, presentan un único estrato sin asociaciones o relaciones simbióticas, que lo vuelve vulnerable a factores

ambientales, expone al suelo y su biología a la irradiación solar directa, y no contiene sistemas radiculares que aporten a la mejora en la estructura y condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, la distribución de nutrientes o los ciclos regenerativos.

Gráfica estandarizada. Manejo del ecosistema.

Elaboración propia utilizando Définit 2.0

No se incluyeron los indicadores de manejo de agua y diversidad dentro de las gráficas estandarizadas, debido a que son indicadores compuestos (dependen de otras variables particulares) y únicamente pueden ser integrados dentro de los resultados de análisis multicriterio una vez ponderados todos los indicadores.

9.4 ANÁLISIS MULTICRITERIO

Se asignaron pesos a los indicadores y criterios según su relevancia respecto a la medición de la sustentabilidad, y se realizó la suma ponderada de los valores estandarizados anteriormente. Al procesar los datos obtenidos, se obtuvo una sumatoria en cada criterio de evaluación, que resultó en una valor entre 0-1 como calificación de cada uno.

CRITERIO	PESOS	TRADICIONAL	MIXTO	CONVENCIONAL
Satisfacción laboral	0.021	0.98	0.54	0.18

Relación costo-beneficio	0.023	0.78	0.66	0.75
Perturbación ambiental	0.04	0.97	0.79	0.05
Calidad de suelo	0.118	0.86	0.23	0.05
Manejo de suelo	0.118	1	0.44	0.26
Salud del ecosistema	0.118	0.97	0.67	0.3
Manejo del ecosistema	0.118	1	0.77	0.26
Prácticas de conservación	0.044	0.97	0.49	0.12
Equidad	0.118	0.97	0.6	0.39
Autosuficiencia	0.044	0.93	0.87	0.58
Recursos humanos	0.118	1	0.82	0.33
Recursos económicos	0.118	0.8	0.81	0.46

Los puntajes de los tres tipos de agroecosistema respecto a las distintas dimensiones muestran una mayor sustentabilidad del ecosistema tradicional, frente a los otros dos tipos de sistema, principalmente en las dimensiones social, ambiental y de manejo agroecológico, que es donde se distinguen más las brechas de diferencia. Respecto a la dimensión económica, los sistemas mixto y convencional también se acercan a la sostenibilidad del sistema tradicional; y en la dimensión social, ambiental y de manejo agroecológico, los sistemas mixtos son medianamente sustentables.

Dimensión social

La dimensión social implica la medición del estado, condiciones y tendencias de las estructuras organizacionales, políticas, comunitarias e individuales que determinan la sostenibilidad de un sistema. Estas usualmente implican la existencia de redes de organización equitativas en la toma de decisiones y distribución, horizontales y colaborativas, así como el uso de recursos culturales, psicológicos y tecnológicas para la solución de problemáticas y la planificación de estrategias integrales para la mejora de la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras de los distintas

esferas sociales, la protección de los grupos vulnerables y la integración, gestión y participación de las poblaciones a los procesos de desarrollo multiescalar.

Los atributos de la sustentabilidad que se refieren más a la dimensión social, son la equidad y la autogestión. Para la medición de la sustentabilidad de esta dimensión en los sistemas identificados, se utilizaron los criterios de satisfacción laboral, equidad y uso de recursos humanos. Estos criterios se conforman por indicadores que miden la percepción de riesgos y beneficios actuales y futuros de los campesinos productores, las formas de organización en la toma de decisiones, trabajo y distribución de bienes, y el uso de recursos culturales, apoyos solidarios, tecnologías, conocimientos y creatividad de los campesinos, sus familias y las comunidades dentro de los procesos productivos.

En el criterio de satisfacción laboral, se puede observar que los campesinos perciben más los beneficios, seguridad y tienen mejores expectativas a futuro cuando producen de forma tradicional. La satisfacción laboral es media en los sistemas mixtos, y los panoramas presentes de los sistemas convencionales se ven pesimistas, con riesgos altos, pocos beneficios y bajas esperanzas a futuro.

La equidad en los sistemas tradicionales es mayor, debido al alto involucramiento de las familias y mujeres en la organización, toma de decisiones, trabajo y distribución de bienes, relacionados al autoconsumo y trabajo que implican estos sistemas. En las parcelas de producción mixta, también se presenta media la equidad, pues la participación familias y comunitaria es menor que los sistemas tradicionales; y los sistemas convencionales presentan una equidad media baja, debido a que los procesos de producción y distribución se encuentran muy centralizados y desvinculados de otras actividades y subsistemas.

En el uso de recursos humanos para el manejo de los agroecosistemas, tanto los sistemas tradicionales como mixtos utilizan diversas técnicas, conocimientos, apoyos y tecnologías para resolver problemáticas de la parcela intervenida, cuidarla, aprovecharla, y mejorar sus condiciones. Algunos recursos que utilizan son la creatividad e innovación, la replicación de prácticas y saberes tradicionales prehispánicos y novohispanos, el uso de apoyos familiares, regionales y comunitarios,

y la implementación de herramientas, técnicas y proceso artesanales que mejoran la calidad de su producción y la satisfacción proveniente de esta.

Gráfica Ponderada. Dimensión Social.

Elaboración propia utilizando Definit 2.0

Dimensión Económica

La evaluación de la sustentabilidad en la dimensión económica implica la consideración de los factores de producción y consumo que incrementan o benefician la seguridad económica de las familias involucradas en los procesos productivos y de comercialización. Los criterios utilizados para la medición de esta dimensión, están relacionados a los costos, recursos financieros, capitales o trabajo que las familias utilizan como medio de obtención de estos beneficios. Los atributos que más determinan la sustentabilidad económica, son la productividad y la confiabilidad. Los criterios utilizados en este trabajo son la relación entre costo y beneficio de cada tipo de producción la autosuficiencia generada en los sistemas, y los recursos económicos ocupados para la sostenibilidad,

La relación entre el costo y el beneficio en todos los sistemas es similar, sin embargo las razones de este puntaje son distintas. En el sistema tradicional, se observa la

retribución de beneficios en forma de ahorros y buenos rendimientos que se aprovechan para autoconsumo y “colchones financieros”. En las parcelas de producción mixta, los beneficios se reflejan en la plasticidad de la producción y su contribución a la generación de ingresos y ahorros a partir del comercio local, así como el autoconsumo de una porción de la cosecha, aunque los rendimientos sean bajos. Y el sistema convencional tiene una alta generación de ingresos, pero no contribuye directamente al consumo de las familias, animales ni a la generación de ahorros o regeneración del suelo en las parcelas de cultivo.

Los tres sistemas se presentan medianamente sostenibles al tener fortalezas en algunos aspectos, pero puntos débiles en otros, por lo que es importante la combinación y balance de estrategias en cada uno, y el aprendizaje ante los otros modos de producción,

La autosuficiencia es mayor en el sistema convencional, seguida por el de producción mixta, debido a que la totalidad o una porción de las cosechas se utiliza para consumo de las familias, y los excedentes o parte de ella se procesa, transforma y comercializa con valor agregado dentro de los mercados locales y utilizando diversas estrategias de comercialización y puntos de venta.

Los recursos económicos utilizados en las parcelas de producción mixta son muy diversos tanto en la producción como en la venta de los productos, pues existe un uso de apoyos comunitarios, redes locales y variedad de formatos de venta en la localidad y en el exterior, el uso de los productos por las familias campesinas tanto para la generación de ingresos, como para el abastecimiento de sus alimentos.

El sistema tradicional tiene una diversidad alta también, sin embargo las estrategias de comercialización, así como esta actividad *per se*, son menos que en el otro sistema. Los productos que se comercializan en estos sistemas, se procesan en el molino local y se venden a menudeo con vecinos o puntos de venta comunitarios.

La alta dependencia tanto en insumos, como en intermediarios externos tanto para la producción como en la comercialización de las cosechas, provoca la reducción de opciones en el mercado para los productores de sistemas convencionales, y reduce

la cantidad de herramientas económicas que utilizan para aminorar sus costos e incrementar sus beneficios, además que gran parte del trabajo humano y maquinaria que ocupan en las actividades de producción implican inversión.

Gráfica Ponderada. Dimensión Económica.

Elaboración propia utilizando Definit 2.0

Dimensión ambiental

La dimensión ambiental mide los aspectos ecosistémicos que mantiene el equilibrio, estabilidad y resiliencia del agroecosistema frente a perturbadores ambientales y humanos, así como la capacidad de carga, productiva y ecológica que el sistema presenta, y permite su sostenimiento en el tiempo aún con adversidades. Los criterios de evaluación derivados de la dimensión ambiental son el grado de perturbación ambiental de los agroecosistemas y macrosistemas que le rodean, la calidad, características y condiciones de fertilidad y productividad del suelo, y el grado de salud del ecosistema, así como de sus subsistemas y elementos.

La perturbación ambiental provocada en suelo, agua y aire por las prácticas agroecológicas o los insumos utilizados en las parcelas de producción tradicional es

muy baja, debido a que es una producción que respeta bastante los ciclos naturales, de manipulación artesanal y de ritmos más lentos, alineados a los requerimientos y tiempos del sistema,

Los sistemas mixtos tampoco tienen efectos tan nocivos al ambiente; su mantenimiento de baja intensidad en el uso de insumos o labranza reduce su huella ambiental, sin embargo el uso del tractor y fertilizantes químicos sí marcan una diferencia con el sistema tradicional.

El sistema convencional tiene un fuerte impacto ambiental que lo vuelve insostenible, y de alta perturbación ambiental en comparación con los otros dos tipos de sistema. El uso de fertilizantes químicos, maquinaria pesada y constante y labranza intensiva deterioran fuertemente los sistemas productivos, y contribuyen a la degradación ambiental, la contaminación de agua, suelo y tierra; el calentamiento global y la aceleración del cambio climático.

La calidad del suelo analizada en los agroecosistemas es notoriamente mejor en los sistemas de producción tradicional, donde la permeabilidad es buena, la aireación suficiente, la cantidad de materia orgánica y microorganismos presentes es suficiente para mantener los equilibrios y estabilidad de los ciclos ecológicos, y donde evidentemente el manejo de suelo y el ecosistema es más natural y alineados al ambiente.

La calidad del suelo en las parcelas mixtas es mucho más pobre; el contenido de materia orgánica es menor, no se presenta microbiología, tiene una estructura arenosa muy tendenciosa a la erosión, la cantidad de nutrientes disponible es baja y muchos son solubles, por lo que pueden perderse con el arrastre del agua, entre otras cosas, que lo vuelven insostenible en el tiempo; sin embargo sigue conservando un mayor grado de calidad que los suelos convencionales.

En la agricultura convencional, la calidad del suelo es muy mala. La permeabilidad es cuatro veces más alta que en el suelo tradicional, la materia orgánica presentes es muy poca o nula, sin microorganismos; la acidez está desbalanceada y la estructura

no permite una buena aireación o infiltración de agua, sino la erosión de suelo y nutrientes y la baja fertilidad y productividad en éste.

La salud del ecosistema es mayor en los sistemas tradicionales que en los mixtos y convencionales. Esto se debe al tipo de manejo que lleva, que promueve la nutrición y cuidado de los cultivos y que permite una mayor conectividad entre elementos del sistema y los subsistemas presentes, un intercambio equilibrado con el exterior de materia y energía, y la presencia de agentes e indicadores biológicos que contribuyen a la conservación de la salud del ecosistema y los ciclos ecológicos.

En los sistemas mixtos, la presencia de plagas es mayor, y la deficiencia de nutrientes en las plantas más notorias; debido a la falta de manejo del suelo. La conectividad entre subsistemas y elementos está presente, pero en muchas ocasiones es lineal y no cíclica o recíproca, y existen varias entradas y salidas al sistema que desequilibran sus flujos de materia y energía. Debido a esto y las condiciones de hábitat que se propicia en estos sistemas, la presencia de agentes e indicadores biológicos es menor que en los sistemas tradicionales.

Los sistemas de producción convencional también tienen bajos puntajes en su salud ecosistémica. Las plagas y deficiencia de nutrientes en las plantas es alta, afectando la resiliencia del sistema a factores externos. La interconectividad en el sistem es muy poca, y su relación con el exterior implica fuertes salidas de nutrientes y contaminantes, así como la dependencia en trabajo e insumos externos para mantenerse, y que no necesariamente benefician a los subsistemas involucrados en estas relaciones. Y la generación del hábitat en las parcelas no permite el acercamiento de agentes e indicadores biológicos que interactúen y faciliten los ciclos naturales y productivos del sistema. Todo esto en conjunto lo vuelve muy difícilmente sostenible en el tiempo.

En la perturbación ambiental causada por las prácticas agroecológicas, como en la calidad de suelo, es donde se observan mayores brechas de diferencia entre los sistemas, por lo que la dimensión ambiental es la más importante a cuidar y determinante en las diferencias de sustentabilidad entre los tipos de sistema, por lo

que es donde más énfasis hay que realizar para la elaboración de proyectos y estrategias encaminadas hacia una agricultura sustentable..

Gráfica Ponderada. Dimensión Ambiental.

Elaboración propia utilizando Definit 2.0

Manejo Agroecológico

El manejo agroecológico es donde mejores puntajes obtuvo el sistema tradicional, es decir, en el aspecto en el que se muestra más sustentable el sistema tradicional, a comparación de los otros sistemas y contra sí mismo, es en la presencia de herramientas, conocimientos y prácticas de manejo. agro ecosistémico. El manejo agroecológico es crucial para determinar las condiciones ambientales, sociales y muchas veces económicas de los sistemas de producción.

Un buen manejo, se manifiesta en rendimientos altos, costos bajos, consumo y trabajo justos, mejores formas de organización y distribución, una mejor calidad del suelo y el ambiente, y en general, mejores atributos ecosistémicos, adaptabilidad, y por lo mismo, sostenimiento de la producción y los procesos ecológicos del sistema a lo largo del tiempo.

En el manejo de suelo existen diversas prácticas de conservación dentro de los sistemas tradicionales; desde la aplicación de materia orgánica y acolchados, hasta la forma de arar la tierra, deshierbar y planear la rotación de los cultivos. Todas tienen origen en los conocimientos tradicionales prehispánicos de la milpa maicera y las prácticas novohispanas del uso de frutales dentro de la parcela.

Los sistemas de producción mixta también utilizan algunas de estas prácticas, como el abonado natural y la aplicación de acolchados, que permiten mantener parte de la microbiología, agua y nutrientes que necesitan las plantas para desarrollarse, sin embargo el uso de tractor para la preparación de la tierra y la aplicación de fertilizantes afectan la estructura y cualidades del suelo y los vuelven menos productivo y fértil con el tiempo.

Los sistemas convencionales ocupan muy pocas técnicas para el manejo y conservación del suelo, por lo que son menos sostenibles. Al utilizar químicos que dañan la microbiología desequilibran sus nutrientes, sumado al uso de maquinaria que compacta la tierra, y contaminantes tóxicos al ambiente, están perjudicando a largo plazo la productividad, fertilidad y capacidades ecológicas del suelo.

Lo mismo sucede con el manejo de los ecosistemas; el uso de diversas técnicas tradicionales de germinación, selección de la semilla, manejo de plagas, asociación de cultivos, estratificación y aprovechamiento, tomando ventaja de las cadenas tróficas y energéticas del sistema y sus agentes biológicos, lo vuelven fácilmente sostenible en el tiempo, al igual que su producción. Los sistemas tradicionales utilizan estos métodos para el manejo en la milpa.

Los sistemas convencionales tienen un manejo de algunas partes del ecosistema, principalmente en la asociación de especies, la mejora de la semilla y el aprovechamiento de la producción y vegetación silvestre en la parcela para el autoconsumo, comercio y los subsistemas de animales. Sin embargo, es poco el manejo de plagas y los conectores biológicos que ayudan a mantener algunos ciclos ecológicos del sistema.

Los sistemas convencionales tienen pocas prácticas de manejo, y la mayor parte está relacionada al mantenimiento de los rendimientos en los cultivos, como la aplicación de pesticidas para el control de plagas. Al no haber estratos o asociaciones, el monocultivo se vuelve vulnerable al ambiente, y tiene poca interacción simbiótica con otros agentes biológicos que permiten los ciclos de polinización e intercambio de nutrientes en la parcela.

Finalmente, las prácticas de conservación observadas en las parcelas, también se vinculan a los conocimientos tradicionales de la comunidad. El uso de bordes, mampostería, barreras vivas de árboles, uso de hierbas en las orillas de la parcela y creación de retenes para conservar el suelo y agua dentro de la parcela, son algunos ejemplos encontrados en las milpas tradicionales-

En los sistemas mixtos, también se presentan algunas técnicas de retención de suelo, y manejo de la semilla, para la preservación del material genético criollo, sin embargo, es menor el uso de estas prácticas que en los sistemas tradicionales, por lo que aún se presentan efectos como la erosión, escorrentías de agua, poca promoción de la polinización, y poca protección a las especies de flora y fauna nativas de la región.

En los sistemas convencionales, es difícil encontrar estas prácticas, e incluso es común que algunas sean contraproducentes, como el uso de semillas transgénicas para la producción intensiva, que no sólo impide al campesino productor almacenar, mejorar y reproducir su propia siembra, contamina las semillas criollas cercanas con las que se poliniza, y lo vuelve dependiente del mercado, sino que también es un obstáculo en el procesamiento de las cosechas para su comercialización.

Muchas de estas semillas implican una transformación en maquinaria que la localidad no poseé, impidiendo la oportunidad de agregar un valor en su venta. Además de que al procesarse en equipos de otros pueblos, es mezclada con las semillas de otros productores, por lo que impide la conservación de material genético orgánico y no contaminado para el productor,

La conservación de la biodiversidad, la genética, la retención de agua y suelo son importantes para el sostenimiento de los cultivos a largo plazo. El uso de estas

técnicas, incrementa las posibilidades productivas del sistema eventualmente; vuelve más fácil su labranza y puede permanecer en el tiempo.

Gráfica Ponderada. Dimensión Ambiental.

Elaboración propia utilizando Definit 2.0

9.5 EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD

Para determinar la sustentabilidad de los tres agroecosistemas, se obtuvo una sumatoria de los criterios de evaluación, multiplicando el valor de cada criterio por el peso que se le asignó. La suma de criterios resultó en una calificación entre 0-1 que determinaría el grado de sustentabilidad de los tres agroecosistemas estudiados,y permite comparar los resultados de evaluación entre las tres alternativas, considerando al valor de uno (1) como la sustentabilidad relativa ideal y al cero (0) como el menor grado de sustentabilidad posible de los agroecosistemas investigados.

La suma obtenida en la integración de resultados, determinó que el sistema de milpa tradicional es el más sustentable de los tres agroecosistemas identificados, siendo tres veces más sostenible que el sistema de producción convencional, que es el que menor puntaje obtuvo. El sistema de producción mixta se presenta con una

sustentabilidad media, del 63% de sus atributos, menor que el tradicional con 94% de sus prácticas como ideales y sostenibles en el tiempo y mayor que el convencional, que sólo tiene 30% de aspectos sustentables.

Gráfica. Sumatoria ponderada. Integración de resultados.

Elaboración propia utilizando Definit 2.0

Las contribuciones de los criterios e indicadores a la determinación de esta calificación, dependen de los pesos que se les asignó, sin embargo la consideración de los doce criterios es importante para la construcción de los resultados.

Tabla. Valor absoluto de los criterios.

Criterios	Tradicional	Mixto	Convencional
Satisfacción laboral	0.02058	0.01134	0.00378
Relación costo-beneficio	0.01794	0.01518	0.01725
Perturbación ambiental	0.0388	0.0316	0.002

Calidad de suelo	0.10148	0.02714	0.0059
Manejo de suelo	0.118	0.05192	0.03068
Salud del ecosistema	0.11446	0.07906	0.0354
Manejo del ecosistema	0.118	0.09086	0.03068
Prácticas de conservación	0.04268	0.02156	0.00528
Equidad	0.11446	0.0708	0.04602
Autosuficiencia	0.04092	0.03828	0.02552
Recursos humanos	0.118	0.09676	0.03894
Recursos económicos	0.0944	0.09558	0.05428
Total	0.93972	0.63008	0.29573

Elaboración propia utilizando Definit 2.0

En la tabla se puede visualizar que respecto a la calidad de suelo, manejo de suelo y salud del ecosistema existen diferencias notables entre el tradicional y los otros dos sistemas, lo cual representa un punto crítico en el manejo de los sistemas convencional y mixto, y los cita a la consideración del uso de técnicas tradicionales para el manejo de suelo y del ecosistema para la mejora en la calidad y salud de los mismos en sus parcelas.

En el manejo ecosistémico, el equidad, y el uso de recursos humanos, los aportes de los sistemas tradicionales son cercanos con los del sistema mixto, ya que comparten muchas técnicas y herramientas en estos aspectos, por lo que la sostenibilidad de estos sistemas es alta en los tres criterios, y , al ser beneficiosos en ambos tipos de agroecosistema, pueden servir de apoyo en los sistemas convencionales también.

Respecto a la autosuficiencia y la relación costo-beneficio, la sustentabilidad es cercana en los tres sistemas; el primer aspecto principalmente en los sistemas tradicional y mixto, y el segundo en los sistemas convencional y mixto, por lo que las estrategias utilizadas en los tres sistemas pueden servir de aporte y utilidad para la mejora de los dos criterios de sustentabilidad en cualquier sistema, enfatizando la relevancia de las prácticas tradicionales.

La satisfacción laboral, la perturbación ambiental y las prácticas de conservación resaltan en el sistema tradicional, se presentan como una sostenibilidad media en los sistemas mixtos, y muy bajas en los sistemas convencionales, por lo que se recomienda la transición de las prácticas de perturbación, y la falta de estrategias de conservación en los sistemas convencionales, hacia prácticas utilizadas en los sistemas mixtos; y, a su vez, el cambio del manejo mixto actual, a un manejo tradicional de conservación ambiental y disminución de perturbadores, para realizar un cambio paulatino de los dos últimos sistemas hacia una agricultura más sustentable.

Finalmente, se remarca el aporte en el área de recursos económicos del sistema mixto frente al tradicional y convencional, por lo que se recomienda ampliar el uso de recursos económicos en los sistemas de manejo tradicional hacia los utilizados en el sistema mixto para incrementar sus sustentabilidad en este aspecto, y comenzar a utilizarlos en el sistema convencional también.

Fortalezas y debilidades

Los sistemas tradicionales tienen ventajas comparativas y competitivas de sustentabilidad en los temas de manejo de suelo, manejo de ecosistema, equidad, y uso de recursos humanos, por lo que se recomienda a cualquier tipo de producción, aprender de las experiencias en este tipo de sistemas de producción e imitar las estrategias pertinentes.

En su mayoría, puede determinarse que las prácticas agroecológicas tradicionales, alineadas a los ciclos naturales y requerimientos en el sistema, son los que permiten la sostenibilidad de estos sistemas en el tiempo, tales como la implementación de abonos naturales, coberturas de suelo; arado, cosecha y trillado manual, uso de

herramientas artesanales; manejo de semillas y diversidad; asociaciones y estratificación de los policultivos; interacción entre los sistemas domésticos, agrícolas, animales y comunitarios; y el aprovechamiento de especies perenne y nativas de la región, entre muchos otros.

Esto, sumado a la generación de formas de organización, trabajo y distribución equitativas; y el uso de apoyos comunitarios, familiares y regionales; así como de los recursos culturales y la creatividad individual para la toma de decisiones respecto al manejo de los agroecosistemas, la solución de problemas y la adaptación, prevención y mitigación a fenómenos como el cambio climático, es lo que aporta solidez en la sustentabilidad de estos sistemas.

Del manejo mixto, se pueden rescatar fortalezas en el uso de recursos económicos y humanos para la producción, además de algunas técnicas similares a los sistemas tradicionales para el manejo del ecosistema. El uso de diversas estrategias, puntos y formatos de venta de las cosechas,; su transformación y agregado de valor; y la obtención de medios para el procesamiento de los productos, son puntos importantes que el manejo mixto aprovecha, además de la plasticidad de estos sistemas para ser utilizados como autoconsumo y comercialización, que son ventajas a considerar en otros sistemas de producción, y mantienen la sustentabilidad de este tipo de manejos.

La producción convencional tiene ventajas respecto al uso de recursos económicos, y tiene algunas prácticas que pueden aportar al aumento en la equidad, manejo de suelo y manejo de los agroecosistemas. Por ejemplo, el cercamiento a consumidores externos al sistema, la atención en la productividad de los cultivos, manejo de plagas, y la frecuencia en el arado o deshierbe de la tierra son aspectos que mejoran los rendimientos de la producción, y aseguren su rentabilidad; y son estrategias que pueden ser imitadas por los otros sistemas para aumentar su sostenibilidad económica.

Las principales debilidades de los sistemas tradicionales, van vinculadas a la relación costo-beneficio, que aunque continúa siendo más sostenibles que los otros sistemas, tiene poca diferencia con el sistema convencional. También los aspectos de satisfacción laboral y perturbación ambiental, pueden ser mejorados para aumentar

la sostenibilidad del sistema, pues aunque siguen siendo significativamente más sustentables que los otros sistemas, continúan teniendo un impacto en el ambiente y los campesinos productores.

Algunas debilidades del sistema mixto se encuentran también en la satisfacción laboral y la relación costo-beneficio del sistema, que bajan los niveles de sustentabilidad de los sistemas. El cuidado de la productividad, rendimientos y satisfacción de necesidades presentes y futuras a partir de las prácticas de campo es importante para la continuidad de esta actividad. Estos aspectos pueden mejorarse utilizando las fortalezas de los sistemas convencionales y tradicionales.

En adición, la calidad del suelo y las prácticas de conservación también se presentan como puntos débiles en la sostenibilidad de los sistemas de producción mixta, por lo que es importante la aplicación de estrategias de manejo y retención de suelo y agua, así como el manejo de plagas y erosión para asegurar la permanencia de los sistemas y la producción. Esto puede realizarse a partir del uso de estrategias tradicionales de manejo y conservación.

Por último, el sistema convencional tiene muy bajos puntajes respecto a la satisfacción laboral, la perturbación ambiental, la calidad del suelo y las prácticas de conservación. Los cuatro aspectos se conectan y tienen consecuencias en la productividad, estabilidad y resiliencia de las parcelas, así como en la contaminación de los ecosistemas aledaños.

El aumento de la sostenibilidad de los ecosistemas convencionales, puede comenzar con la disminución del uso de perturbadores ambientales, como es la maquinaria, combustibles fósiles y agrotóxicos, que afectan la salud del suelo, los cultivos, y del ambiente en que se encuentran; y comenzar a realizar prácticas de manejo y conservación de suelos, agua y biodiversidad.

Las técnicas que se pueden utilizar para ejecutar esto último, pueden tomarse de los conocimientos culturales de los sistemas tradicionales, como la aplicación de retenes de suelo, el uso de rastrojos para la retención de humedad, el manejo de la semilla, y

la aplicación de materia orgánica que permita el sostenimiento de la microbiología del suelo.

El cambio en estos últimos factores, puede mejorar las perspectivas presentes y futuras de los campesinos productores respecto a sus parcelas, pues la satisfacción laboral es un asunto que afecta a los tres tipos de agroecosistema, y puede deberse a la falta de balance en cada uno de los manejos respecto a alguna dimensión en la sustentabilidad, así como por otros factores que no fueron abarcados en este estudio, pero es necesario investigar en trabajos futuros.

Gráfica. Sumatoria ponderada. Valor absoluto de los criterios.

Elaboración propia utilizando Definit 2.0

9.6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para corroborar la solidez del análisis multicriterio y comprobar la robustez de la evaluación de la sustentabilidad, se realizó un análisis de sensibilidad utilizando el programa Definit 2.0, donde se visualizaron dos escenarios diferentes, uno utilizando

los valores estandarizados de los indicadores y el otro ocupando los no estandarizados.

En cada escenario se generaron doce (12) perspectivas de ponderación de los criterios, alternativas a los utilizados en el análisis. Para cada perspectiva, se asignó un peso de 0.5 (la mitad) a un criterio distinto, ocupando el total de los criterios de evaluación. Al terminar la generación de perspectivas, se realizó la contraposición con los resultados del actual análisis multicriterio.

El proceso de análisis de cada perspectiva, consistió en la realización de cien (100) iteraciones automáticas generadas por el programa, con el propósito de generar estabilidad en el análisis de sensibilidad, considerando todas las posibles alternativas de jerarquización de criterios y su influencia en el cambio de los resultados.

En las gráficas se observa que ambos tipos de análisis se muestra estabilidad y poca varianza entre los resultados, por lo que puede comprobarse la robustez de los valores obtenidos en el análisis multicriterio de suma ponderada por jerarquización pareada.

Tabla. Perspectivas de análisis.

Perspectivas							
		1	2	3	4	5	6
Alternativas	Total	Satisfacción laboral	Relación costo-beneficio	Perturbación ambiental	Calidad de suelo	Manejo de suelo	Salud del ecosistema
Tradicional	0.94	0.96	0.87	0.95	0.9	0.97	0.95
Mixto	0.63	0.6	0.65	0.71	0.45	0.55	0.65
Convencional	0.3	0.25	0.51	0.19	0.19	0.29	0.31
		7	8	9	10	11	12
Alternativas	Total	Manejo del ecosistema	Prácticas de conservación	Equidad	Autosuficiencia	Recursos humanos	Recursos económicos
Tradicional	0.94	0.946	0.95	0.95	0.93	0.97	0.87
Mixto	0.63	0.7	0.57	0.62	0.74	0.72	0.72
Convencional	0.3	0.29	0.22	0.35	0.43	0.32	0.38

Elaboración propia utilizando Definit 2.0

Los resultados del escenario donde se utilizaron valores estandarizados de los indicadores, muestra completa estabilidad en el comportamiento de los resultados obtenidos en cada perspectiva de análisis, independientemente de si el criterio que se prioriza en cada perspectiva es social, económico, ambiental o de manejo.

Esto significa que el sistema tradicional es sustentable en todas las dimensiones, debido al uso de prácticas sostenibles en todos los ámbitos. Al compararlo con los otros dos sistemas de manejo, el sistema tradicional siempre será el que obtenga mejor puntaje de sustentabilidad, independientemente del peso de los criterios utilizados, y de la dimensión a la que pertenezca el criterio de mayor incidencia.

Gráfica. Análisis de perspectivas utilizando valores estandarizados

Elaboración propia utilizando Definit 2.0

Para el análisis de sensibilidad utilizando valores no estandarizados, no se generaron tablas con los puntajes de las perspectivas, debido a la diversidad de escalas utilizadas en la evaluación, que no es posible integrar sin normalizar, por lo que la sumatoria de la curva de análisis fue a partir de las tendencias en los valores, utilizando la normalización automática preestablecida en el programa.

Gráfica. Análisis de perspectivas utilizando valores no estandarizados

Elaboración propia utilizando Definit 2.0

A pesar de que existen picos en los valores obtenidos, debido a la varianza en las escalas utilizadas, puede observarse un comportamiento estable (tendencia) entre los escenarios de las tres alternativas consideradas, y en ningún punto de la tabla de dispersión se cruzan los valores en las alternativas, por lo que no existen focos rojos en la asignación de pesos de los criterios de evaluación.

La ausencia de focos donde se deba reconsiderar la ponderación de algún criterio que cambie la tendencia de los resultados, representa una fuerte solidez del estudio y los valores elegidos para la jerarquización de los criterios e indicadores de evaluación.

9.7 PUNTOS CRÍTICOS

En general, la tendencia del comportamiento individual de cada indicador (Anexo) se presenta estable en los análisis de sensibilidad, por lo que, en vez de ser puntos críticos, son fortalezas de los sistemas, pues incluso si se dependiera en gran medida de los aspectos relacionados a estos criterios para la sostenibilidad de los agroecosistemas, éstos serían capaces de sostenerse en el tiempo por la tendencia que llevan. Las dimensiones social y de manejo, es donde se encuentran tendencias más estables de sustentabilidad.

Gráfica. Tendencia del criterio Equidad.

Elaboración propia utilizando Definit 2.0

Algunos puntos críticos identificados en el análisis de sensibilidad individual, son las tendencias en el comportamiento de los indicadores de las dimensiones económica y ambiental al aumentar significativamente el peso de los criterios. Este tipo de tendencia, donde existen cambios en los resultados de evaluación del criterio si se aumenta su peso asignado, o en otras palabras, si se depende fuertemente de los aspectos vinculados a este criterio para la sostenibilidad de los sistemas, anuncian un foco rojo en estas dimensiones.

Gráfica. Tendencia del criterio Relación costo-beneficio.

Elaboración propia a partir de Definit 2.0

Los criterios de Relación costo-beneficio, Autosuficiencia y Recursos económicos, que son los pertenecientes a la dimensión económica, son los que presentan una menor sostenibilidad en el tiempo de los sistemas tradicionales, si se les asignara un peso mayor a estos criterios, o si el sistema dependiera completamente de esto.

En estos análisis se visualiza la tendencia del sistema convencional a incrementar su sosteniblidad en el tiempo al aumentar el peso de los criterios económicos; sin embargo, esta tendencia es engañosa a la vista. Pareciera ser que los sistemas convencionales pueden ser sostenibles si se da mayor importancia a lo económico, sin embargo, esta sustentabilidad no es viable si se pasan por alto las otras dimensiones, de las que dependen también los costos, rendimientos y beneficios obtenidos por la producción del sistema.

De cualquier modo, la tendencia del sistema tradicional, a ser menos sostenible si se priorizan mucho los criterios económicos, es un punto de atención, no sólo para la

generación de estrategias que fortalezcan al sistema en esta dimensión, sino más bien como una llamada de atención a los modelos económicos y políticos actuales, que priorizan fuertemente la productividad de los agroecosistemas, e impiden la sostenibilidad en el tiempo de los sistemas tradicionales, que, naturalmente son viables y capaces de sostenerse en el tiempo.

Las condiciones políticas en favor de los sistemas de producción masiva, provocan la promoción e imposición de los sistemas convencionales en la producción de alimentos, que son poco sostenibles en el tiempo debido a otros ámbitos, como el ambiental y social, y sustituyen el uso de manejos tradicionales que conservan y protegen el ambiente, el tejido comunitario y las economías familiares.

Gráfica. Tendencia del criterio Relación costo-beneficio.

Elaboración propia a partir de Definit 2.0

En los análisis individuales de los criterios de manejo de suelo, manejo ecosistémico y prácticas de conservación, la tendencia de los sistemas mixto y convencional baja,

es decir, se vuelven menos sostenibles si dependen en gran medida de estos criterios, mientras que los sistemas tradicionales incrementan su sustentabilidad cuando la dependencia en los criterios de manejo es alta.

Esto significa un foco rojo en los sistemas convencional y mixto respecto al manejo de las parcelas, que tienden a deteriorarse utilizando los métodos actuales, y reducirán los rendimientos y productividad de los sistemas, que es uno de las fortalezas de estos manejos, por lo que se deben comenzar a implementar otras técnicas agroecológicas que los permitan sostenerse en el tiempo dentro de la dimensión ambiental y aporten a la dimensión económica como consecuencia.

X. DISCUSIÓN

Uno de los temas que se sometió a discusión entre los grupos de expertos involucrados en la investigación, fue el uso de la terminología “Tradicional” y “Convencional” para la caracterización de los agroecosistemas. Es pertinente mencionar que en la mayor parte de los casos de estudio y literatura revisados respecto a las experiencias de evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas, no se ocupan los términos utilizados en este trabajo con la misma semántica, sino que se alude a los conceptos de “Alternativo” y “Tradicional” para identificar el tipo de manejo en los sistemas evaluados.

Sin embargo, se puede remarcar que en la literatura revisada, no es predominante el estudio de casos de comparación entre sistemas de producción tradicional prehispánica o novohispana con sistemas de producción agroquímica convencional, que es una particularidad del presente trabajo. En las investigaciones recopiladas, es mayor la evaluación comparativa entre sistemas de producción agroecológica, desvinculada de los usos y costumbres de culturas específicas, con sistemas de producción agroquímica convencional.

Un ejemplo es el caso de evaluación de sustentabilidad en agroecosistemas campesinos en el municipio de Cabrera, provincia del Sumapaz por Fonseca *et al.* (2020) donde manejan la terminología de sistema “Tradicional” para referirse a los sistemas de producción convencional agroquímica, y el concepto “Alternativo” para hacer alusión a los sistemas de producción agroecológica, que es la más sustentable dentro del estudio.

Es importante remarcar, que en este estudio, debido al carácter cultural indígena de la zona de estudio y su remarcada relación con las prácticas de agricultura, hemos decidido recatar la terminología “Tradicional” como aquella referida a las prácticas prehispánicas y novohispanas que se vinculan a la producción alineada a los ciclos ecológicos, y que no puede llamarse “Alternativo”, al ser el originario del lugar; y al mismo tiempo, reconocemos el significado y atributos de lo que mencionamos como agricultura “Convencional” para referirnos a la agricultura agroquímica y mecanizada que fue impuesta alrededor de los años 70’s en San Jerónimo Tecuanipan, y por lo

tanto, en este caso de estudio específico, no puede ser llamada “Tradicional”, sino “Alternativa”, pero para evitar confusiones o ruido en el análisis, de acuerdo al marco conceptual que utilizamos de agricultura convencional y agricultura sustentable, se decidió utilizar la terminología “Convencional”.

Otro de los temas relevantes que se sometió a discusión durante la evaluación y análisis multicriterio, fue la variabilidad de algunos indicadores como “percepción de beneficios” “percepción de riesgos” “ingresos al año” o “perspectivas a futuro”, cuyo valor puede cambiar cada periodo de evaluación fácilmente, y que Masera et al. (2000) mencionan como inconsistentes o poco viables para la evaluación de la sustentabilidad.

A pesar de esto, fueron conservados dentro del análisis debido a la importancia de considerar los factores sociales y económicos como parte de la sustentabilidad, además de que la constancia o varianza en el cambio de los valores, también puede ser un signo de estabilidad y confiabilidad en el sistema, que son atributos importantes en la evaluación de la sustentabilidad. Es pertinente mencionar, que la variabilidad en el valor de estos indicadores, está relacionado a la inestabilidad de la producción del agroecosistema, pues los productores mencionan que las percepciones de riesgo, ingreso y beneficio presente y futuro, se basan en gran medida en los rendimientos, productividad y pérdidas de sus cosechas anuales.

Debido a la falta de información que ayude a realizar cálculos, promedios, económicos, sociales, y estudios ambientales o geográficos a nivel local, muchos valores e indicadores fueron basados en el criterio de los campesinos, grupos expertos, y los procesos de investigación participativa, que aunque fue complementada por transectos, mediciones, observación en campo y muestreos que demuestran la validez de esta información, sigue teniendo un grado alto de subjetividad en los resultados.

Esto no anula ni disminuye el valor de la evaluación, sin embargo el margen de error y la incertidumbre es mayor al no estar fundamentados algunos indicadores en valores e información a escalas mayores, además de que es uno de los primeros estudios de evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas elaborados en

la comunidad de San Jerónimo Tecuanipan, por lo que, con esta razón se invita a los grupos de investigación involucrados en la zona, a la generación de información cuantitativa, cualitativa y participativa a nivel local que sirva de complemento a los resultados del estudio realizado y contribuir a la robustez de la evaluación.

El último tema a discusión que es importante mencionar en el presente trabajo es la formación, elección y ponderación de los indicadores de sustentabilidad. Si bien, la totalidad de los indicadores se basan en la literatura revisada sobre casos de experiencia en evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas, así como en las discusiones, opiniones, e información derivada de los procesos participativos realizados durante el trabajo, como fueron los talleres, entrevistas, visitas y recorridos en campo, grupos focales y la discusión con expertos, es necesario verificar la validez, objetividad, representatividad y viabilidad de medición de los indicadores seleccionados.

Originalmente se habían planteado 17 criterios con 51 indicadores para la evaluación de la sustentabilidad, tomando en cuenta los atributos de la sustentabilidad propuestos por Masera et al (2000) y los datos obtenidos en los procesos anteriormente mencionados, utilizando escalas simples para la medición de las variables y la facilitación de su integración multicriterio.

Tabla. Indicadores de sustentabilidad. Primera prueba.

Atributo	Criterio	Indicador	Dimensión
Productividad	Rendimiento	Pérdidas	E y A
		Cosechas	E y A
	Satisfacción laboral	Percepción de beneficios	S y E
		Perspectivas a futuro	S y E
	Relación costo-beneficio	Ingresos al año	S y E
	Diversidad	diversidad productiva	A y S
		diversidad genética	A y S
		diversidad natural	A y S

Estabilidad Confiabilidad Resiliencia Adaptabilidad Autogestión Equidad	Contribución al calentamiento global	uso de combustibles fósiles	A, S y E
		transporte	A y E
	Contaminación de suelo, aire y agua	uso de agrotóxicos	A y S
	Resíduos	tipo de residuos generados	A y S
	Consumo de agua	fuente de riego	A, S y E
	Calidad del suelo	presencia de M.O	A
		presencia de microorganismos	A
		diversidad de nutrientes	A
		acidez	A
		permeabilidad	A
		porosidad	A
		capacidad de retención de agua	A
		erosión	A
	Manejo del suelo	Incorporación de materia orgánica	A y E
		Arado y volteado	A, S y E
		Cobertura de suelo	A y E
		Asociación de cultivos	A y S
		Rotación de cultivos	A, S y E
		Deshierbe y capado	A, S y E
		Cajoneado y fertilización	A, S y E
		Uso de maquinaria	A, S y E
		Aplicación de herbicidas	A, S y E
	Prácticas de conservación	Manejo de erosión	A y E
		Captación de agua	A, S y E
		Manejo de plagas	A, Sy E
		Manejo de microbiología	A
		Manejo de semilla y reproducción	A, S y E
	Recursos humanos	Capacidad de innovación	S, A y E

		Recursos culturales	S, A y E
	Autosuficiencia	Autoconsumo Dependencia en insumos externos	S y E A, E
	Alternativas de comercialización y producción	Diversidad de estrategias de comercialización Puntos de venta	E y S E y S
	Empleo	Empleos locales Participación de la familia Apoyos solidarios (faenas/medias/trueques) Redes de apoyo	E y S S y E S y E S y E
	Organización	Reparto de bienes Participación en la toma de decisiones	A, S y E A, S y E
	Equidad de género	equidad laboral equidad en la distribución de bienes equidad en la toma de decisiones	S y E S y E S y E

E: Económico; S: Social; A: Ambiental Elaboración propia.

Sin embargo durante los procesos de estandarización y ponderación se identificó que muchos de los indicadores eran ambiguos debido a la simpleza de sus escalas, causaban ruido en el análisis, o no eran representativos para la evaluación del sistema, por lo que se decidió regresar al paso de formación de dimensiones de análisis, criterios e indicadores y se replantearon de forma que los resultados pudieran ser más precisos y representativos para la evaluación de la sustentabilidad a partir de la herramienta de análisis multicriterio, pero se siguieran derivando de la información recopilada en los procesos participativos, revisión bibliográfica y recorridos en campo.

Después de analizar la discusión sobre pertinencia de los criterios e indicadores, detectadas durante la estandarización y ponderación de la evaluación con dos expertas en materia, se procedió a realizar los cambios y ajustes en las variables.

Algunos de los problemas que se detectaron, así como las operaciones utilizadas para su remediación y ajuste a los objetivos de la investigación fueron:

Tabla. Problemas y soluciones en la pertinencia de los indicadores

PROBLEMAS	SOLUCIONES
Dificultad para integrar valores nominales (cualitativos) en la estandarización y normalización.	Cambiar los valores nominales a valores ordinales o escalas cualitativas de grado -/0, -/+ y 0/+.
Presencia de muchos indicadores binarios o de intervalo que generaban picos en los puntajes de evaluación y cambiaban drásticamente el comportamiento de las gráficas en el análisis de sensibilidad. El sobre uso de estos indicadores causaba ruido en la evaluación, pues el peso o representatividad de estos indicadores no era coherente al nivel de ruido que generaban.	Cambiar los valores binarios y de intervalo no representativos por escalas más precisas con distintos grados de evaluación o si es posible de cuantificación. Remoción de indicadores poco representativos para la evaluación de la sustentabilidad, ajuste a los objetivos.
Presencia de indicadores y criterios poco representativos que debían ser ajustados a los objetivos de evaluación, y fueron identificados en las discusiones de ponderación pareada.	Reducción en el número de criterios utilizados, así como la conversión de algunos criterios de menor peso en indicadores compuestos.
Ausencia de indicadores importantes para la evaluación de la sustentabilidad en la dimensión ecológica, que fueron detectados durante las discusiones de ponderación pareada.	Generación de nuevas categorías que agruparan dos o más criterios de evaluación que contienen pocos indicadores. Generación de nuevas categorías e indicadores que complementaran la evaluación de las alternativas, especialmente las pertenecientes a la dimensión ecológica
Desequilibrio en la representatividad y prioridad de las dimensiones sociales, económicos, ecológicos y de manejo agroecosistémico, debido al desbalance de número de indicadores por dimensión	Adecuación del número de indicadores por categoría, para equilibrar su representatividad, y evaluar las dimensiones social, económico, ecológico y de manejo.

Elaboración propia.

En la segunda prueba de construcción de indicadores de sustentabilidad, se consideraron doce (12) criterios de evaluación y sesenta y cuatro (64) indicadores, que procuraran una evaluación más robusta en las alternativas planteadas, y pudieran analizarse desde la perspectiva multidisciplinar que Foladori (2002) marca como importante en las dimensiones de análisis. Estos criterios e indicadores fueron los utilizados para la generación de los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Tabla. Modificación y ajuste de de criterios de evaluación

Criterios de prueba	Operación	Nuevos criterios
Satisfacción laboral	Permanece, aumenta un indicador	Satisfacción laboral
Relación costo-beneficio Rendimiento	Se juntan, uno se convierte en indicador del otro	Relación costo-beneficio
Contribución al calentamiento global Contaminación de suelo, agua y aire Resíduos	Se vuelven indicadores, se crea una nueva categoría que abarque los tres aspectos	Perturbación ambiental
Calidad del suelo	Permanece, aumenta y ajusta indicadores	Calidad de suelo
Manejo del suelo	Permanece, aumenta y ajusta indicadores	Manejo de suelo
Consumo de agua	Se vuelve indicador, se crea una nueva categoría con más indicadores	Salud del ecosistema
Diversidad	Se vuelve indicador, se crea una nueva categoría con más indicadores	Manejo del ecosistema
Prácticas de conservación	Se cambian de categoría algunos indicadores, unos permanecen y se aumentan otros	Prácticas de conservación
Recursos humanos	Permanece, se aumentan indicadores	Recursos humanos

Organización Equidad de género	Se crea una nueva categoría, los dos se vuelven indicadores de la categoría junto con otras variables nuevas	Equidad
Autosuficiencia	Permanece, se aumentan indicadores	Autosuficiencia
Alternativas de comercialización y producción Empleo	Se crea una nueva categoría, los dos se vuelven indicadores de la categoría junto con otras variables nuevas	Recursos económicos

Elaboración propia.

Tabla. Modificación de indicadores de sustentabilidad.

INDICADORES DE PRUEBA	OPERACIÓN	NUEVOS INDICADORES
Pérdidas	Se junta con otro indicador	Rendimientos
Cosechas	Se junta con otro indicador	
Percepción de beneficios	Se ajusta escala	Percepción de beneficios
	Se crea nuevo indicador	Percepción de riesgos
Perspectivas a futuro	Permanece	Perspectivas a futuro
Ingresos al año	Permanece	Ingresos al año
	Se crea nuevo indicador	Ahorros al año
Uso de combustibles fósiles	Permanece, se ajusta escala y descripción	Contribución al calentamiento global
Uso de agrotóxicos	Permanece, se ajusta escala y descripción	Contaminación de suelo, agua y aire
Tipo de residuos generados	Permanece	Residuos
Presencia de M.O.	Permanece	Presencia de M.O.
Presencia de microorganismos	Permanece	Presencia de microorganismos

Diversidad de nutrientes	Permanece, se ajusta definición	Diversidad de nutrientes
Acidez	Permanece	Acidez
Permeabilidad	Permanece	Permeabilidad
Porosidad	Permanece, se ajusta definición	Aireación
Capacidad de retención de agua	Permanece	Capacidad de retención de agua
Erosión	Permanece	Erosión
Incorporación de materia orgánica	Permanece, se ajusta escala	Incorporación de M.O.
Arado y volteado	Permanece, se ajusta escala	Arado y volteado
Cobertura de suelo	Permanece, se ajusta escala	Cobertura del suelo
Rotación de cultivos	Permanece, se ajusta escala	Rotación de cultivos
Deshierbe y capado	Permanece	Deshierbe y capado
Cajoneado y fertilización	Permanece, se ajusta definición	Cajoneado y fertilización
Uso de maquinaria	Permanece, se ajusta escala	Uso de maquinaria
Manejo de microbiología	Permanece, cambia de categoría	Manejo de microbiología
Aplicación de herbicidas	Se ajusta	Plagas y enfermedades
	Se crea nuevo indicador	Deficiencia de nutrientes en plantas
	Se crea nuevo indicador	Productividad
	Se crea nuevo indicador	Interconectividad

	Se crea nuevo indicador	Conectividad
	Se crea nuevo indicador	Agentes biológicos
	Se crea nuevo indicador	Indicadores biológicos
Diversidad productiva Diversidad genética Diversidad natural	Se agrupan en un indicador compuesto	Diversidad
	Se crea nuevo indicador	Consumo de agua
Asociación de cultivos	Permanece, cambia de categoría, se ajusta escala	Asociación de cultivos
Manejo de plagas	Cambia de categoría	Manejo de plagas
	Se crea nuevo indicador	Estratificación
	Se crea nuevo indicador	Cadenas tróficas y energéticas
	Se crea nuevo indicador	Conectores biológicos
	Se crea nuevo indicador	Aprovechamiento
	Se crea nuevo indicador compuesto	Manejo de agua
Fuente de riego	Se agrupa en nuevo indicador compuesto	Fuente de riego
	Se crea nuevo indicador y se agrupa en uno compuesto	Técnicas de Riego
	Se crea nuevo indicador	Manejo de semilla y reproducción de plantas
Manejo de erosión	Permanece	Manejo de erosión

Captación de agua	Permanece	Retención de agua
Manejo de semilla y reproducción	Permanece, se ajusta definición	Conservación de la semilla
	Se crea nuevo indicador	Protección de fauna
	Se crea nuevo indicador	Polinización
Participación en la toma de decisiones	Permanece, se ajusta definición y escala	Organización
Reparto de bienes	Permanece	Distribución
Equidad laboral Equidad en la distribución de bienes Equidad en la toma de decisiones	Se agrupan en indicador	Equidad de género
Autoconsumo	Permanece, se ajusta escala	Autoconsumo
Dependencia en insumos externos	Permanece	Dependencia en insumos externos
Transporte	Permanece	Transporte
Empleos locales	Permanece	Mano de obra
Redes de apoyo	Permanece, se ajusta escala	Redes de apoyo
Apoyos solidarios (faenas/medias/trueques)	Permanece	Apoyos solidarios (faenas/medias/trueque)
Participación de la familia	Permanece, se ajusta escala	Participación de la familia
	Se crea nuevo indicador	Remuneración de la familia
Recursos culturales	Permanece, se ajusta escala	Recursos culturales

Capacidad de innovación	Permanece, se ajusta escala	Capacidad de innovación
Diversidad de estrategias de comercialización	Permanece	Estrategias de comercialización
Puntos de venta	Se divide en dos indicadores	Alternativas de comercialización Transformación del producto Medios de transformación

Elaboración propia.

Finalmente se actualizaron los indicadores, designando un número equitativo a cada criterio y dimensión de análisis, para asegurar la representatividad de los resultados en las tres esperas de sustentabilidad y el manejo agroecosistémico, que es un factor primordial en el tipo de sistemas estudiado en las parcelas de San Jerónimo Tecuanipan.

XI. CONCLUSIONES

Aseveraciones generales

La transición hacia una agricultura sustentable es un tema complejo y difícil de abordar desde los niveles técnicos. Es de especial importancia la generación de investigaciones interdisciplinarias que procuren el estudio y la operatividad de ese concepto, a partir de estrategias participativas que involucren a los sujetos de investigación en los procesos de generación de información y toma de decisiones para la construcción de proyectos endógenos y contextualizados, desde la formación de, con y para los agentes de cambio.

Uno de los estudios pertinentes para la realización de esta transición, son las evaluaciones de la sustentabilidad transversal y longitudinal de los agroecosistemas, que permite la compilación y medición de información integral, que indique los focos de atención en los sistemas diagnosticados para la correcta intervención encaminada hacia formas de producción más sustentables.

Dentro de los aspectos a considerar en este tipo de estudios, es necesario realizar una caracterización adecuada de los sistemas evaluados en conjunto con los productores vinculados con estos, tomando en cuenta los atributos pertinentes a las distintas dimensiones de análisis en la sustentabilidad, que en este caso, y por el carácter de este estudio, son la ambiental, social, económica y de manejo agroecosistémico.

En la construcción de criterios e indicadores de evaluación, es importante basarse en la información obtenida por medios participativos en conjunto con expertos en materia y los actores involucrados en los sistemas de manejo, considerando sus opiniones, criterios de ponderación, conocimientos y experiencias, pues son quienes mejor conocen el comportamiento de estos sistemas.

Los estudios de evaluación de la sustentabilidad pueden abordarse utilizando distintos modelos, sin embargo se recomienda aquellos en los que puedan integrarse distintos tipos de información, y la participación de los sujetos de estudio, como es el método multicriterio de análisis. La ponderación de las variables, la selección de escalas y la

valoración y estandarización de los sistemas estudiados dependerán del contexto y la zona de estudio, así como de los recursos disponibles y la longevidad de la investigación.

Conclusiones del estudio realizado

En San Jerónimo Tecuanipan, existen tres tipos de cultivo predominante: el convencional, mixto y tradicional; no obstante, también se observan otras formas de manejo de la tierra más intensivas, en su mayoría por parte de campesinos provenientes del exterior que adquirieron parcelas de la comunidad debido a la alta venta y renta de tierras por necesidad económica y migración.

Estos modos de producción afectan directamente a los productores, sus familias y la comunidad, así como a los consumidores de estos alimentos, de formas positivas y negativas, e influyen en su calidad de vida. Por esto es importante la transición hacia una agricultura sostenible en el tiempo, a partir de las prácticas sustentables nuevas y que ya existen en el municipio.

La agricultura convencional observada consiste en un manejo mecanizado y químico, utilizado monocultivos y dependencia en insumos externos. La existencia de esta agricultura radica en la necesidad de generación de ingresos de las familias, para subsistir frente a las exigencias mercado, que impone sus precios y modos de producción.

La agricultura mixta es aquella realizada por medio de la combinación de prácticas tradicionales con prácticas convencionales; no utiliza agrotóxicos, pero sí implica el uso de fertilizantes que complementen el abono natural aplicado en el suelo, y tiene algunos manejos agroecológicos obtenidos de los conocimientos tradicionales. Esta forma de producción se utiliza como medio flexible a las necesidades económicas de la familia, ya sea para autoconsumo como para comercialización local.

Finalmente, la agricultura tradicional, es la forma de producción practicada miles de años por los ancestros de los campesinos en Tecuanipan. Esta agricultura conlleva el uso de prácticas alineadas a los ciclos y ritmos ecológicos naturales del entorno. Es en forma de policultivo, de especies criollas y silvestres, y evita el uso de máquinas

pesadas o aplicación de químicos que contaminen las parcelas. Está fuertemente relacionada a otras subsistemas de producción y consumo, como los ciclos domésticos y los animales de corral, que también aportan a la economía y sostenimiento de las familias en el tiempo. Las cosechas de esta producción, se utilizan para autoconsumo y contribuyen a la conservación de la megadiversidad.

Sin embargo, muchas de esta prácticas tradicionales se están perdiendo y el campo se encuentra abandonado, por lo que es importante la evaluación de los sistemas de producción y la identificación de los puntos críticos que les están impidiendo sostenerse en el tiempo y a las familias campesinas los trabajan.

A partir del análisis multicriterio realizado, utilizando técnicas participativas y un enfoque sistémico, se identificó que los sistemas más sustentables en los aspectos social, económico, ambiental y de manejo agroecosistémico, son los de producción tradicional, presentando un 94% de sus prácticas como sostenibles en el tiempo, lo cual aporta a la calidad de vida de las familias que lo aplican.

El 63% de las prácticas en los sistemas mixtos son sustentables, y el 30% de las convencionales también, lo cual permite a los sistemas mantenerse a corto, mediano y largo plazo. La mayor parte de las prácticas sustentables identificadas vienen de conocimientos culturales tradicionales que los campesinos conocen desde sus ancestros.

El uso de estas técnicas identificadas como sustentables en cualquiera de los tres sistemas, permitirá una satisfacción de necesidades presentes y futuras sin comprometer el equilibrio ecosistémico de las parcelas de cultivo, permitiendo su productividad y sostenimiento en el tiempo; especialmente al aplicarlas en los puntos débiles de cada tipo de agroecosistema.

Finalmente, existen algunos aspectos a tomar en cuenta para el manejo agroecológico y sustentable. Cada sistema tiene una función y fortaleza, por lo que el uso de herramientas que sostienen a cada uno, integrado a una organización comunitaria equitativa y justa, promoverá una toma de decisiones adecuada a las necesidades, requerimientos, capacidades y contexto del municipio.

Independientemente del manejo utilizado, el rescate de conocimientos, prácticas, herramientas y saberes culturales, es crucial para la sostenibilidad de los sistemas en Tecuanipan, así como la reintegración de los apoyos comunitarios y la revinculación con los ciclos familiares, domésticos, locales y de animales para una mejor resiliencia de la agricultura comunitaria a las condiciones globales.

Esto es posible a partir de la participación de todos los grupos involucrados, desde campesinos y organizaciones locales, hasta instituciones que promuevan el financiamiento y acompañamiento de proyectos endógenos hacia una agricultura sostenible y contextualizada en todas sus dimensiones, así como en otros proyectos para la mejora de la calidad de vida de las familias campesinas.

El acompañamiento de estas transiciones debe ser abordado desde la particularidad de cada caso individual de producción, considerando las necesidades, posibilidades y retos de cada familia campesina y los recursos culturales que tiene; pero también debe ser entendido desde la complejidad, considerando a los sistemas de producción de alimentos como parte de un todo interrelacionado que tiene efecto y también es influenciado por otros sistemas, como el bosque, la comunidad, los pueblos vecinos, el mercado, los factores ambientales, el río, entre otros.

Esto se debe considerar para mantenerse resiliente a los cambios en estos sistemas, y tener un impacto sinérgico y positivo en coalición con esto, facilitando demás la alineación del manejo a los ciclos naturales y las necesidades humanas que son factor importante en la producción de alimentos.

Por último, es importante considerar la diversidad de conocimientos, tecnologías, herramientas y recursos humanos que se tienen en la localidad para la toma de decisiones y generación de estrategias que encaminen a un desarrollo endógeno y proyectos autónomos comunitarios viables, así como la creatividad de las personas para la propuesta de soluciones.

Problemas y recursos humanos

Algunos de los puntos relevantes compilados respecto a las problemáticas, manejo y aspectos culturales y socioeconómicos de los tres tipos de agroecosistemas, que pueden servir como referencia para la identificación de puntos críticos, focos de acción y recursos para la creación de soluciones son los siguientes.

Problemáticas

Las problemáticas principales identificadas en el diagnóstico, caracterización y valoración de los sistemas tradicional, convencional y mixto que ayudará considerar en la generación de estrategias de transición hacia agricultura sustentable.

Tabla. Problemas del SMT

Problemáticas del sistema tradicional
● Plagas agalla del aguacate, tuzas ● Falta de aprovechamiento por falta de tiempo del productor para trabajar todos los estratos. ● No encontrar cultivos resilientes a la sombra o asociaciones de cultivos con los árboles. ● Desatención o abandono de parcela. ● Dificultad de conseguir semillas de hortaliza no transgénicas o híbridas. ● Pérdida de prácticas comunitarias para la siembra, almacenar y compartir semillas utilizada. ● Poca oportunidad de restauración de hierbas y árboles nativos. ● Renta de tierras de agricultura intensiva y extensiva con manejo convencional. Inversión costosa y poco rentable en los abonos naturales y acolchados cuando la parcela es rentada o a medias. ● Incertidumbre en la inversión en hortalizas (verduras). ● Campesinos sin seguridad financiera, necesidad de migrar a E.U. para obtener ingresos seguros. ● Poca rentabilidad de la producción de maíz para consumo de animales de corral, incluso siendo un ciclo cerrado y retornable. ● Dificultad de utilizar la Yunta para el arado.

Elaboración propia.

Tabla. Problemas del SMM.

Problemáticas del sistema mixto
● Mucha incertidumbre en las temporadas de siembra, polinización y cosecha, así como en el desarrollo de la planta, que tiene repercusiones económicas, debido al cambio climático.

● Pérdidas de cultivo por plagas, viento y factores climáticos ● Pérdida de diversidad en los cultivos y la cocina local de Tecuanipan. Homogeneización de la dieta cotidiana local por influencia del mercado global ● Abandono de la siembra de maíz para el autoconsumo y centralización en la siembra para exportación. Salida de recursos ambientales y económicos de la localidad. ● Importación de maíz externo. Riesgo de infiltración de semillas transgénicas, de producción no orgánica y sustitución de la diversidad de semillas criollas por la inducida. ● Entradas no controladas de recursos a la localidad y dependencia en las fuentes externas para el consumo de alimentos. ● Quema de hierbas debido a ignorancia o pérdida de costumbres de manejo y conservación ambiental de suelo, originarias de Tecuanipan. ● Bacterosis común en el frijol y plaga de chapulín afectan el desarrollo de la mata y su rendimiento. ● Dependencia en agroquímicos a largo plazo para la producción y aumento de costos. ● Costo extra por transporte de abonos naturales o composta, baja rentabilidad de manejo orgánico.

Elaboración propia.

Tabla. Problemas del SMC.

Problemáticas del sistema convencional
● Uso de tractor para la preparación del suelo y uso intensivo de la tierra. ● Suelo erosionado y arenoso, con vientos fuertes y escorrentías que arrastran al sustrato y los nutrientes ● Uso de agroquímicos y de semilla importada híbrida. ● Tala de árboles para sustituirlos por monocultivo. ● Cultivo en suelo erosionado difícil de trabajar, contaminados por agroquímicos como fertilizantes, herbicidas y pesticidas. ● Falta de equilibrio en el suelo y ecosistemas, y falta de manejo ecológica y socialmente afortunado en ambos ámbitos. ● Falta de prácticas de conservación y prevención/adaptación/mitigación del cambio climático y la contaminación ambiental. ● Desplazamiento de los saberes y prácticas culturales ambientales y de labranza por la introducción del modelo tecnocentrista occidental y neoliberal en la agricultura. ● Falta de aprovechamiento de los múltiples estratos y especies. ● Incertidumbre financiera que representa la siembra de hortaliza, que implican riesgos altos de pérdida cuando se invierte en su cultivo. ● Interrupción del desarrollo de las plantas por causa del cambio climático y las deficiencias en los suelos, que son poco fértiles y productivos

● Irradiación directa del sol en el suelo y pérdida de microbiota o volatilización de nutrientes.

Elaboración propia.

Manejos

Algunas técnicas y métodos de manejo agroecosistémico que aporta cada tipo de sistema evaluado y pueden contribuir en la generación de estrategias de transición hacia una agricultura sustentable, utilizando la creatividad y los recursos culturales.

Tambla. Manejo del SMT.

Manejo tradicional
● El terreno es policultivo, plantado por surcos de 60 cm. aproximadamente, donde se planta principalmente maíz pozolero y ayocote asociados. ● Entre cada 10m de surcos aproximadamente, está sembrada una hilera o surco con árboles frutales y endémicos, entre ellos aguacate criollo, durazno, ciruelo, diferentes encinos, pino etc. ● Se encuentran a lo largo de todo el terreno hierbas silvestres que crecen de forma natural y son aprovechadas también para autoconsumo y venta. ● El cultivo principal es maíz pozolero blanco (Zea mays var. cacahuazintle) asociado con ayocote (Phaseolus coccineus) debido a la resistencia del tallo en esta variedad para sostener el peso del ayocote. Si se planta una variedad más delgada de maíz, lo tira o debe usarse un frijol más ligero. ● Tanto el ayocote como el frijol negro son enredaderas, y utilizan como tutor el tallo del maíz, conocido en el campo como “el zacate”, donde se enredan para alcanzar la luz solar. ● El uso de la variedad de maíz pozolero favorece un mayor rendimiento y menos pérdidas de producción por causa del viento del norte al ser difícil de tumbar. ● Podas para el control de agallas en el aguacate. Las podas, a su vez, beneficiarían el desarrollo del árbol, estimularían la producción de frutos, y, al hacerse adecuadamente, pueden facilitar la cosecha. ● Con respecto a las tuzas, hay cacería por parte de los vecinos y se colocan montes de fertilizante químico o composta como trampa, para que se alimenten de él en vez de comer sus plantas. Así se ha logrado mantener controlada la población. ● Las flores silvestres y sembradas sin agroquímicos podrían ser aprovechadas por los apicultores como fuente de alimento para las abejas para la producción de diferentes mieles de sabor y propiedades especiales, como la miel mantequilla. ● Casi no se observan pasturas dentro de la parcela debido a que ésta es trabajada intensivamente sin descansos cada año. ● No se aplican herbicidas, pues se conoce los beneficios de mantener las hierbas en la

parcela, sin embargo, se realiza una “chapeada” o deshierbe al menos dos veces durante cada periodo de crecimiento de la milpa, con la herramienta hoz a mano, con ayuda de otras personas.

- Otra de las estrategias que se aplica para la conservación de suelos en la parcela, es la aplicación de acolchados de “zacate”, obtenido del tallo del maíz una vez cosechado el elote.
- La selección de semillas es un proceso busca la reproducción de las semillas con mejores características (tamaño, resistencia, rendimiento), y se practica desde las culturas antiguas.
- La conservación de la diversidad genética parte del uso de la semilla nativa, su reproducción y la transmisión generacional entre campesinos, que la manejan, conservan y mejoran.
- Respecto al espacio por cultivo utilizado, cada maíz sembrado (una o dos semillas, por su alto grado de germinación) junto con ayocote se coloca a 30cm de distancia entre sí en los surcos, lo mejor es asegurar el espacio necesario para que cada maíz tenga suficientes nutrientes.
- Parte de las prácticas agrológicas son basadas en la luna, pues sus fases afectan el desarrollo de las plantas. Además de esto, en la siembra se practica la rotación anual de cultivos entre las parcelas.
- Se observa en la misma parcela algunos espacios sembrados con 4 o 5 maíces en un mismo lugar. Esto puede deberse a la tradición indígena de colocar 5 semillas, una para cosechar, otra para el vecino, una por si acaso y el resto para compartir con los animales de la parcela y la tierra.
- Varios campesinos de la región utilizan tractor, por ser lo más rápido para realizar el trabajo; sin embargo esto tiene un costo económico y ambiental.
- También hay policultivo de amaranto sembrado en surcos de 60 cm. aproximadamente, con algunos árboles frutales en los límites de la parcela e hileras. El manejo de la parcela es tradicional, utilizando abono de corral y acolchado de hierba y zacate picados, que resultan del deshierbe y la cosecha de amaranto.
- Los árboles frutales se encuentran en los límites de la parcela y tienen la función de dividir las propiedades, retener suelo y amortiguar los vientos.
- Otro uso que le dan al árbol es la sombra para descansar, además de que éstos aportan a la captura de carbono en el suelo, la conservación de sustrato, producción de biomasa y la retención de humedad.
- Para nutrir la tierra, se agrega abono de corral precomposteado tanto en el amaranto como en los árboles frutales, además de agregar la hierba picada resultante del deshierbe, que sirve como abono vegetal y acolchado sobre el abono ya integrado con la tierra.
- La gallinaza es un “abono rápido”, es decir, que es asimilado y aprovechado por las plantas inmediatamente, y los resultados se visualizan el mismo año que se aplicó;

mientras que el abono de borrego es un “abono lento” que acumula nutrientes a largo plazo. ● La gallinaza contiene bastante nitrógeno, y el abono de borrego contiene más carbono, Los rumiantes tienen ambos en balance. ● La parcela tiene extensión suficiente para sembrar las 5 variedades de maíz, segmentados por áreas y sembrados en temporalidades distintas, con un manejo de agricultura de temporal, es decir, en tiempo de lluvias. ● La siembra es el 20 de mayo y la cosecha a finales de agosto ● Dentro de la parcela se encuentran entre 80 y 100 unidades de árboles frutales y nativos de diferentes edades y son nutridos con abonos naturales de origen animal, además de la misma biomasa producida por las caídas de hojas, frutos y hierbas. Muchos de los árboles encontrados en la parcela fueron sembrados por generaciones anteriores. ● La plaga de agallas no es una plaga grave que afecte al fruto del aguacate y suelen dejarla terminar su ciclo. Cuando realizan manejo de intervención, aplican abono a la raíz del árbol como técnica preventiva y de mitigación. ● Las hierbas que crecen de forma silvestre en la parcela como un mecanismo de protección de los cultivos. ● El suelo se encuentra abonado debido a la constante biodegradación natural de hierbas y la aplicación de abonos de corral en la parcela (excretas de borrego, gallina y rumiantes). Además, el crecimiento de hierbas silvestres aporta a la retención de suelo y humedad. ● La asociación de árboles frutales con la siembra de maíz es parte de la milpa tradicional, que se caracteriza por ser un ecosistema diverso de las culturas prehispánicas. ● El uso de las hierbas silvestres para consumo en la cocina, como medicina y para baños de curaciones o preparados es practicado por las familias de Tecuanipan, y también se comercializan en el mercado local, además de ocuparse como alimento del ganado.

Elaboración propia.

Tabla del SMM.

Manejo mixto
● El terreno es monocultivo, plantado por surcos de 60 cm aproximadamente entre cada uno, donde se siembra frijol de dos variedades, frijol de mata amarillo (Phaseolus vulgaris var. amarilla), y frijol de mata peruano variedad negra (Phaseolus vulgaris). Uno por su fácil comercialización en el exterior, y otro por su alto precio en el mercado y consumo local. ● Ambas variedades llevan el mismo manejo, que es la labranza en al menos tres periodos durante el crecimiento de la planta y la adición de abonos de origen animal, junto con lluvias de temporal. No se aplican químicos o herbicidas. ● La mayor parte de la labranza es “a pie”, es decir, las tareas se realizan con trabajo humano utilizando herramientas artesanales como la hoz; sin embargo en ocasiones se

utiliza el tractor para preparar la tierra debido a su rapidez y eficiencia.

- El terreno es monocultivo, dividido por surcos de 60cm aprox entre cada uno. El cultivo principal es maíz rojo, y es plantado únicamente junto con flor de cempasúchil. No es asociado intencionalmente a otras especies de la milpa tradicional, pero los espacios consumidos por la tuza se aprovechan para sembrar flores para autoconsumo y venta local.
- Hay “retenes” cada 10m para contrarrestar la erosión de los suelos y evitar que se deslaven.
- Hay parcelas de monocultivo de frijol de mata de diferentes variedades, sembrada por surcos de 60cm de separación entre sí. Las variedades amarilla y moteada fueron obtenidas de pueblos vecinos y presentan mejores signos de salud que la negra que es importada.
- El manejo que se da al suelo de la parcela es mixto, abonando con excretas de borrego y fertilizantes químicos en lo que se recuperan los nutrientes del suelo, removidos en usos intensivos de dueños anteriores.
- Se aplican acolchados de rastrojo, en vez de quemarlos para regresar la vida, nutrientes y protección a los suelos mixtos, y se aplican abonos naturales y en ocasiones también fertilizantes para complementarlo en su transición hacia agricultura tradicional.
- La recuperación de un suelo donde se aplicó herbicida, dura dos o tres años aplicando abonos naturales y rastrojos.
- Se prefiere aplicar el abono de corral y la hierba picada del deshierbe directamente en la parcela, y que se composteé por sí solo dentro de la parcela para evitar costos de transporte, aunque se maneja un método de prevención, que es el proceso de precomposteo durante algunas semanas o días para el abono de corral, antes de ser aplicado en la parcela.
- A todas las semillas se les da el mismo manejo, las selecciona según sus cualidades, y procura mejorar su genética cada siembra.
- La siembra y la preparación de la tierra se realizan con tractor, sin embargo el deshierbe se realiza manualmente, cada dos meses. La hierba fresca es la que se da como alimento a los animales, sobre todo, cuando está recién cortada.
- El trillado del frijol (picado de la mata y separación de la semilla) se realiza de forma artesanal.
- El abono precomposteado del corral hacia la parcela, y es aplicado manualmente por los campesinos.
- Los agroquímicos permiten tener mayor control sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos a corto plazo; sin embargo esto tiene costos ambientales que no son contemplados y afectan a largo plazo en el rendimiento y resultados de la siembra.
- El preparado de la tierra y la siembra del amaranto o frijol de mata son con tractor; el cajoneado, deshierbe y capado son a pie; y la cosecha a hoz y trilladora.

- El secado del amaranto es natural, pero su cosecha artesanal es difícil, por lo que se usa equipo, a diferencia del frijol, que puede realizarse de ambas formas.
- El cultivo de amaranto se realiza en surcos, y se intercalan las variedades verde y roja. Éste año se sembró amaranto nuevamente, y la cosecha y desarrollo de las matas fue mejor que el primer año. Se continúa aplicando abono natural y fertilizante químico para el cultivo hasta que sólo necesite abono natural y tenga una productividad alta.
- La semilla de amaranto es obtenida en San Juan Amecá, un pueblo vecino de donde son originarias varias semillas de San Jerónimo Tecuanipan y otras comunidades.
- Se procura que la mata de amaranto no rebase la altura de una persona promedio, pues si el tallo es muy alto, puede ser tumbado por los vientos del norte.
- Otra virtud de la semilla utilizada, es que es muy generosa en la producción de semillas sanas, y es difícilmente plagada a comparación de otras.
- Una vez que el amaranto está seco y listo para cosecharse, se corta con machete y se pone en montones para después llevarse a una trilladora o cegadora, donde se muele y se separa por densidad la semilla del zacate. La semilla es reventada en el pueblo de san Juan Amecá, porque Tecuanipan no tiene una máquina reventadora de amaranto.
- El maíz es molido en San Jerónimo Tecuanipan, porque la comunidad cuenta con este equipo, así como con caballos, camiones, tractor, cegadora y trilladora de frijol y amaranto para las distintas actividades de producción de alimentos. Hace falta el equipo como medios de transformación.
- Muchas variedades de semilla son criollas o regionales. Se manejan y heredan por generaciones en las familias y se intercambian con los vecinos. Hay variedades manejadas a nivel comunitario, presentes en todos los mercados locales. También se intercambian con otros pueblos o vienen de estos.
- La conserva, almacenamiento, mejora y reproducción de semilla son estrategias que mantienen la autonomía y seguridad económica del campesino productor y la seguridad alimentaria de los consumidores.

Elaboración propia.

Aspectos socioeconómicos

Finalmente se enlistan algunos recursos culturales utilizados en las familias de Tecuanipan para el aprovechamiento y consumo de la producción en los agroecosistemas; así como formas de organización y distribución para la toma de decisiones en el manejo de las parcelas, los ciclos domésticos, el manejo de animales, la conexión entre subsistemas y el sostenimiento del tejido social y las economías familiares y comunitarias.

Tabla. Aspectos socioeconómicos

Recursos culturales, sociales y económicos identificados
● Identificación, conocimiento y aprovechamiento de hierbas silvestres como alimento, medicina y curaciones ocupadas para venta y autoconsumo. ● El maíz, el ayocote y las hierbas son productos consumidos localmente, en las familias de la comunidad y en mercados de otras localidades. ● El viento, así como otros factores ambientales representan un riesgo económico para el campesino, pues puede perder toda su cosecha. El sembrado de barreras naturales de árboles en la orilla de los terrenos es una inversión como protección a los cultivos. ● Las hierbas y frutos podrían utilizarse para hacer productos como pomadas, jabones, hierbas secas, conservas, productos medicinales, mermeladas, etc… y venderse en la localidad o fuera para aprovecharse y tener mejores ingresos, como lo está realizando la cooperativa SanJe. ● La totalidad del zacate de la parcela se ocupa como acolchado y alimento para los animales de corral. ● Los animales también forman parte de la producción, además de la agricultura, dentro de algunas actividades que implican trabajo o tracción animal, como el arado y el deshierbe en parcelas descansadas, y el abonado con excretas. ● Varios campesinos de la región utilizan el tractor, pero esto deteriora el suelo a largo plazo. La incapacidad de pagar la mano de obra para arar todo el terreno conlleva al uso de esta maquinaria. El apoyo de las familias y redes comunitarias (tequios/faenas) ayuda a evitar los costes por empleos y uso de tractor, y es menor el impacto al suelo. ● Usualmente una parcela de media Ha. produce alrededor de 4 Ton de maíz, que es lo que comercializa. Si se procesa como pinole o harina, y se ocupa la venta a menudeo o en mercados locales, aumenta la ganancia. ● La flor de cempasúchil amarilla (Tagetes erecta var. amarilla), es aprovechada para autoconsumo y para ser comercializada en la época de Octubre en toda la región de Cholula, por lo que es rentable producirla, pero con los efectos del cambio climático es complicado. ● Desgraciadamente en muchas regiones se ha dejado de consumir el maíz de colores y se ha sustituído por maíz transgénico importado de Estados Unidos, reduciéndo su diversidad únicamente a maíz blanco y amarillo en una gran parte de México. En Tecuanipan aún se conservan muchas variedades, pero se ven amenazadas por la industria de híbridos. ● Los vecinos permiten a otros campesinos tomar parte de su cosecha solidariamente cuando es para autoconsumo, no para comercialización. ● Las siembras de amaranto son destinadas a la exportación para otros municipios y no es aprovechado por los habitantes de la región debido a la falta de medios de transformación, a diferencia del maíz y el frijol. ● No es frecuente el cultivo de hortalizas debido a la incertidumbre financiera que representa, pues los precios del mercado son muy volubles y las semillas se encuentran

coptadas, por lo que no se pueden reproducir.

- El abonado natural (abono de corral o gallinaza), implica una inversión en transporte, por lo que muchos campesinos prefieren no aplicarlo, pues el fertilizante es aparentemente más rentable. Sin embargo, a largo plazo, los fertilizantes erosionan la parcela y la vuelven dependiente de los químicos, por lo que en realidad no es rentable.
- Se utilizan tanto semillas criollas (amarilla, cebra y ayocote) como variedades importadas (negra), pues las primeras se venden a un precio más caro, están adaptadas al clima de la zona, tienen mejores rendimientos y son más consumidas en los mercados regionales; y la segunda es más barata para el consumidor, o bien preciada en el mercado por lo que está demandada.
- En ocasiones, no es posible deshierbar toda la parcela debido a los costos. Parte de la hierba cortada se aprovecha para alimentar a los animales de corral y lo demás se deja como abono y acolchado.
- Para producir frijol se requiere una inversión total de casi $15,000 por parcela en la siembra convencional. Es rentable, pero cuando se pierde la cosecha por factores ambientales, cambio climático o erosión del suelo, es una pérdida impresionante de dinero.
- El uso de las excretas animales para abonar, y de las hierbas para alimento de animales, permite un ciclo cerrado de nutrientes, sin embargo implica una inversión en transporte tanto del abono como de las hierbas, que se refleja en un costo. La mano de obra y la maquinaria también representan un costo, no obstante la ganancia es mayor que con otros cultivos.
- Un manejo alternativo en las parcelas, procurando la regeneración del suelo y su fertilización a largo plazo, asegura rendimiento en siembras futuras.Tener sus propias tierras y abonarlas naturalmente es una inversión que se convertirá en un ahorro a largo plazo, la renta se vuelve una inversión cada vez más costosa en términos de insumos (fertilizantes y agroquímicos) por la erosión que se les causa.
- En ocasiones, todas las cosechas de la parcela, así como el zacate obtenido, están destinados para el consumo de los animales de corral, que es de donde se obtienen los abonos naturales aplicados.
- Los frutos de los árboles son consumidos o vendidos en los mercados locales. Representa poca inversión, ingresos notables y practicidad, además de la oferta de servicios ambientales que implica el tener árboles en la parcela. Sin embargo muchos vecinos han talado sus árboles para “maximizar” la producción anual en sus parcelas.
- Compartir la semilla no sólo entre generaciones, sino entre vecinos y pueblos hermanos, ayuda a mantener vínculos entre la comunidad y con los otros, además de propiciar la creación de relaciones de trabajo entre comunidades, ya que campesinos de un pueblo van a trabajar a otro pueblo, en las parcelas o comercializando sus productos; o bien en un pueblo cuidan y procesan las semillas y en otro las siembran y cosechan. Aunque también da pie a ciertos abusos como el “coyotaje”, la explotación excesiva o la tala de árboles.

- El amaranto es uno de los cultivos más rentables de la zona, es por esto que casi todos los campesinos de San Jerónimo Tecuanipan lo siembran. Pero en la localidad no cuentan con las herramientas necesarias para procesarlo una vez cosechado. Si tuvieran la maquinaria adecuada (molinos, trilladoras, equipo para reventar el grano y empacadoras), el comercio del amaranto representaría el doble de ingresos que actualmente significa, además de que sería más asequible para el consumo en la comunidad.

Elaboración propia.

XII. RECOMENDACIONES

La solidez de los resultados es alta, sin embargo aún hay una significativa ausencia de información para la toma de decisiones respecto a la sustentabilidad y otras problemáticas en el municipio. Debido a la ausencia de información proveniente de fuentes oficiales, es pertinente que las organizaciones locales e involucradas en la zona generen la información base respecto a la caracterización geográfica, política, económica, cultural y social del municipio, así como de los factores ambientales que intervienen, y soliciten la actualización de la información ya existente en las fuentes oficiales.

Para la generación de información ambiental y social, es necesario la implementación de instituciones donde puedan realizarse estos estudios, como observatorios sociales locales que se dediquen a compilar y procesar datos sobre género, población, cultura, lengua, producción, vivienda, etc y estaciones climáticas y de investigación ecológica-biológica que reúnan información ambiental cruda como temperatura, medición pluvial, información y catálogos sobre la vegetación nativa, entre otros.

Es importante la realización de estudios técnicos en algunos temas como el geográfico, utilizando diversas herramientas que permitan generar información útil para la toma de decisiones en el municipio, como el uso de suelo, la organización, la creación de nuevas economías, la recuperación del tejido social o la implementación de nuevos proyectos comunitarios en general. Entre las herramientas técnicas que se aconseja utilizar, se encuentran los Sistemas de Información Geográfica, los estudios toxicológicos, biológicos y químicos de suelo, agua y aire en laboratorio, y los estudios antropológicos e históricos del municipio.

También es necesaria la realización de investigaciones temáticas en materia ambiental, social, cultural y económica, desde una perspectiva interdisciplinaria, holística, e integral, que recopilen las prácticas, conocimientos y saberes culturales de la región, respecto a los aspectos culinarios, medicinales, agrotípicos, ecológicos, rituales, y su relación con lo social, religioso, económico y político, para la recuperación de las prácticas sustentables tradicionales que tienen un efecto importante en la calidad de vida de las familias campesinas de Tecuanipan.

En general, el abordaje de los estudios debe ser desde una perspectiva de Investigación Participativa, con alto grado de involucramiento de los actores para una correcta intervención de los temas estudiados, y la generación de información, propuestas y proyectos endógenos que sean adecuados al contexto local, y apropiados por las personas y organizaciones directamente relacionadas con las problemáticas estudiadas.

En general, la promoción de estudios a partir de organizaciones locales e independientes del gobierno, es de crucial importancia para la generación de autonomía en la toma de decisiones de la comunidad, así como de su acompañamiento en los proyectos que implican vínculo con investigaciones o consulta a expertos en materia que puedan aportar a las iniciativas de la comunidad.

Respecto a los estudios en materia de sustentabilidad, es importante profundizar la información vinculada a los criterios e indicadores utilizados en este trabajo, para ampliar su fundamento y robustez. Esto a partir de otras tesis y trabajos de investigación realizados por técnicos del área ambiental, agroecológica, sociopolítica y económica que trabajen en conjunto con los campesinos productores y comerciantes de la comunidad para que la relevancia de los datos sea pertinente y acercada a la realidad del contexto en Tecuanipan. Se solicita la intervención de las organizaciones locales para la facilitación de estos trabajos transdisciplinarios.

También se recomienda la realización de estudios de suelo, más transectos en campo, visitas a más familias productoras, y análisis del uso de suelo a través de percepción remota de imágenes satélite para ampliar la escala y profundidad del presente trabajo, y extender los resultados a la totalidad del municipio, así como considerar la realización de estos estudios a nivel regional y a nivel local en los pueblos vecinos de tecuanipan, para la generación de estrategias integrales.

Para esto es necesario generar redes de apoyo y coalición con los pueblos aledaños, así como el uso de información regional relevante, que está mayormente disponible en las fuentes oficiales, y la creación de propuestas políticamente vinculadas entre las poblaciones. También es importante generar investigaciones temáticas a nivel

regional, la creación y compilación de información base de fuentes oficiales o independientes del gobierno, y los estudios multiescalares desde los sistemas de información geográfica, histórica, sociopolítica, ambiental y económica.

Finalmente, una de las recomendaciones para futuros trabajos y el seguimiento de éste, es la recopilación de instrumentos, herramientas, prácticas y conocimientos culturales respecto a la etnobotánica, usos de plantas, animales, insectos y hongos, y que aporten al manejo agroecológico de las parcelas de Tecuanipan, desde su origen, y a nivel regional; así como la profundización de las problemáticas identificadas en los agroecosistemas para la generación de estrategias de prevención y mitigación desde los manejos tradicionales y agroecológicos.

Se recomienda realizar un estudio compilando los métodos artesanales prehispánicos y novohispanos tradicionales de manejo y aprovechamiento agroecológico, así como del bosque nativo; la caracterización simbólica y ecológica del ecosistema originario y de la milpa tradicional, la planeación de las siembras, asociación de cultivos y estratos, manejo de suelo y ecológico, manejo de plagas, y la identificación de los usos, costumbres, medicina y curaciones relacionadas a estos, así como las estructuras familiares, roles de género, historia, involucramiento, organización, equidad, distribución, administración y economía de las familias.

Además de las visitas, transectos, muestreos, fotografías y entrevistas, también es importante realizar talleres participativos durante estos estudios, que permitan visualizar y plasmar el vínculo, arraigo de los actores respecto al ambiente y su entorno comunitario, tal como se realizó en el estudio de percepciones ambientales de Dorsal (2019), y donde puedan medirse los servicios, beneficios y satisfacción de los campesinos productores en su trabajo y la naturaleza, así como su percepción a futuro, los rendimientos e ingresos al año, los costos de producción y comercialización y las cadenas productivas que intervienen. Esto permitirá realizar estrategias integrales de planificación frente al cambio climático, las demandas del mercado, y las problemáticas sociopolíticas y ambientales del municipio.

Recomendaciones para estudios posteriores

A manera de resúmen respecto a las recomendaciones en torno a los estudios que necesitan ser realizados para complementar, profundizar o nutrir la investigación planteada y las problemáticas vinculadas a la abordada en el presente trabajo, se realiza un listado de recomendaciones puntuales de investigación:

1. Actualización de la información sobre el municipio obtenida en las fuentes oficiales y generación de información base por parte de las organizaciones locales para la caracterización del municipio.
2. Implementación de instituciones, observatorios, organizaciones, asociaciones académicas para la compilación de datos a nivel local.
3. Generación de investigaciones temáticas útiles para la toma de decisiones en el municipio, ocupando diversas herramientas, disciplinas y metodologías.
4. Realización de estudios técnicos utilizando sistemas de información geográfica, laboratorios para el procesamiento de información biológico-ecológica y estudios antropológicos.
5. Realizar estudios antropológicos, etnobotánicos, históricos y de género; estudios ecológicos, biológicos, biotecnológicos, edafológicos, geográficos, y climáticos, así como identificar las especies locales nativas y productivas, así como la microbiología, existente en el suelo y los ecosistemas.
6. Uso de técnicas participativas para la investigación y generación de iniciativas, como para la creación de soluciones endógenas, situadas, viables y autónomas.
7. Intervención de las organizaciones locales en los procesos de investigación, organización y decisión de la comunidad, así como el acompañamiento de proyectos locales y el vínculo y gestión con instituciones académicas.
8. Realización de otras tesis y trabajos en materia socioambiental, política, económica y agroecológica por técnicos expertos en materia en conjunto con los campesinos productores y comerciantes de la localidad, con ayuda de las organizaciones locales y a partir de la transdisciplinariedad.
9. Realizar análisis de suelo y percepción remota para, así como más transectos, visitas y entrevistas para ampliar la escala, representatividad y profundidad del presente estudio hacia todo el municipio.
10. Generar estudios, redes de apoyo y proyectos multiescalares, en conjunto con los pueblos vecinos, en otros municipios, y a nivel regional, que permitan

generar estrategias políticas, económicas y ambientales integrales, así como la organización y toma de decisiones interconectadas.

11. Generar estudios para la recuperación de conocimientos, herramientas y prácticas tradicionales que aporten al manejo y aprovechamiento sustentable de los agroecosistemas y ecosistemas nativos de Tecuanipan.
12. Generar estudios de profundización de las problemáticas particulares identificadas en los sistemas agroecológicos para la generación participativa de estrategias de manejo sustentable a partir de técnicas tradicionales y agroecológicas.
13. Profundizar a partir de los recursos culturales la caracterización sistémica del ecosistema originario y la milpa tradicional; identificar la planeación de las siembras, asociación de cultivos y estratos, y el manejo ecológico, de suelo y de plagas que usan, y generar manuales con la información compilada.
14. Identificar y recopilar, en estudios y catálogos, los conocimientos culturales sobre métodos artesanales prehispánicos y novohispanos de manejo agro ecosistémico y los usos, costumbres, medicina y curaciones vinculadas.
15. Identificar las estructuras familiares, roles de género, historia, organización, y economía de las familias para la generación de estrategias productivas, comerciales y comunitarias socialmente adecuadas.
16. Realizar talleres participativos durante los estudios y proyectos comunitarios, donde los campesinos productores y comerciantes de Tecuanipan sean los sujetos y agentes de cambio, y así puedan realizarse estrategias integrales frente a las problemáticas sociopolíticas y ambientales del municipio.

Como última intención y parte del propósito de la investigación, se disponen algunas recomendaciones de manejo destinadas a los agroecosistemas estudiadas y similares, con base en las estrategias sustentables identificadas en el sistemas de manejo tradicional, así como en técnicas complementarias a partir de los principios de biodinámica, agricultura regenerativa y de conservación y agroecología.

Manejo del suelo

El suelo es la base de la vida en las parcelas, sin un manejo adecuado, todos los demás factores del ecosistema estarán en riesgo. Un primer cuidado del suelo es la reducción de impactos fuertes, como el uso de tractor, que genera roturas,

compactación y pérdida de microbiota; y la aplicación de agroquímicos que lo contaminan, impiden el crecimiento y hábitat de agentes biológicos positivos para las parcelas, y se vuelven una amenaza para algunas especies nativas y la biodiversidad.

Después de la reducción de impactos, es necesario mantener un cuidado en la presencia de materia orgánica, humedad, nutrientes y microorganismos del suelo a partir de diversas prácticas. La mayoría de ellas pueden realizarse con los mismos insumos producidos en la parcela, o los subsistemas relacionados, y aunque implican más trabajo, también es un trabajo eficiente, ya que pueden realizarse múltiples tareas en una misma área de producción.

La fertilización constante, periódica o cíclica de los agroecosistemas es indispensable para el mantenimiento de la calidad y productividad del suelo, en especial si esta es abono natural de de diversas fuentes (vegetal, animal, hojarasca, rastrojo, biomasa) y precomposteada antes de aplicarse.

Ésta práctica va ligada a la rotación de cultivos, pues la aplicación de materia orgánica proporciona diversidad de nutrientes, sin embargo la rotación de cultivos permite que se mantenga el equilibrio de estos nutrientes, al cambiar los requerimientos de las especies que los utilizan cada año.

También es importante la presencia de especies perennes en las parcelas de cultivo, para la producción de biomasa rica en carbono y la acumulación de nutrientes a largo plazo. La complementación de estos subsistemas con los animales de corral, son una buena estrategia para la generación de abono.

La aplicación de acolchados vivos o secos es crucial para la retención de suelo y humedad, además de la protección al suelo de irradiación solar directa, de la semilla recién sembrada y de fenómenos naturales como el viento, el agua, el granizo y los cambios térmicos que afectan la estructura del suelo, su microbiología y lo erosionan.

Además, la aplicación de acolchados resulta una reserva de nutrientes a largo plazo, así como un aporte a l porosidad y oxigenación del suelo, que da pie a otros ciclos de

nutrientes y transformaciones en el suelo, además de volverlo un hábitat más agradable.

El cuidado de microorganismos depende de los factores anteriormente mencionados, y la constante hidratación de los cultivos, además de zonas sombreadas, ricas en biomasa (como el diámetro que ocupan los encinos nativos y los aguacates criollos) donde puedan desarrollarse micelios de hongos benéficos.

La forma de arar también influye en la presencia de microorganismos en la parcela, donde el volteado debe ser inteligente y adecuado al microclima donde se encuentra el suelo, y poco invasivo, ayudándose de elementos naturales, como la presencia de sistemas radiculares que mantienen el suelo aireado.

Manejo ecosistémico

Para el manejo y cuidado de la salud ecosistémica, es primordial, en incio, tener un suelo adecuado y manejado. Posteriormente, se buscará trabajar la parcela aprovechando los ciclos naturales físicos, químicos y biológicos que interactúen en ella, así como sus tiempos, ritmos y fases.

Uno de los primeros puntos de atención en la parcela, es el cuidado de los tiempos de siembra, arado, cosecha y actividades de campo (mantenimiento, podas, manejo de plagas) para estar siempre en sintonía con la naturaleza y utilizarla a favor para el desarrollo de los cultivos. Por el contrario, se estará lidiando con fenómenos naturales y pérdida de control sobre muchos factores, incluyendo los rendimientos.

Sembrar con las estaciones, los tiempos de lluvia, las horas de sol adecuadas y las fases de la luna es importante para que la germinación sea adecuada, se presenten los factores naturales necesarios para el buen desarrollo de la planta, y los frutos sean abundantes, ricos en nutrientes y sabrosos, además de mantener a los elementos de la parcela libres de enfermedades.

La atención en los ciclos de las plagas, los momentos de poda, las fechas de siembra y cosecha, cambian los resultados en la parcela. La adaptación al cambio climático, también es un factor a considerar. Esto también influye en la eficientización de

recursos, el aprovechamiento del agua y el control biológico, así como la atracción de agentes e indicadores biológicos benéficos.

Una vez sincronizado a los ritmos y ciclos naturales, es importante procurar la estratificación del agroecosistema y la asociación simbiótica de sus cultivos. Esto permite un mejor aprovechamiento del área de producción, la multiplicación en la generación de biomasa, y el aumento en la resistencia y resiliencia de los cultivos ante amenazas, además de la contribución a una mejor calidad de las cosechas y los ciclos productivos.

La planeación de las zonas de cultivo, su rotación anual y por varios años, y la búsqueda de siembra en policultivo son herramientas de ayuda a mantener una estructura equilibrada en los ecosistemas, dinámica y resiliente. Además de esto, promover la presencia de algunos agentes como polinizadores o depredadores de plagas, no está de más en las parcelas.

Finalmente, el aprovechamiento de los diversos elementos de los agroecosistemas es fundamental para que éstos sean rentables. El uso de los frutos, hierbas, flores y cultivos para autoconsumo y venta, así como para el sistema de animales, y la retribución recíproca de estas salidas, por medio de abonos naturales y trabajo humano en las parcelas, sostienen al sistema en el tiempo.

Para un aprovechamiento adecuado, es importante recuperar los conocimientos y saberes culturales etnobotánicos, que permiten la identificación y uso múltiple de las plantas silvestres y sembradas en los agroecosistemas, además del aprovechamiento de los excedentes para su venta en la comunidad y los mercados locales, donde no sólo se puedan consumir directamente, sino transformar en medicinas, curaciones, conservas, harinas con un valor agregado que incremente los ingresos de las familias productoras y los beneficios de los consumidores, y en diferentes formatos de venta (menudeo, intercambio) que lo vuelvan redituable.

Prácticas de conservación

Los manejos de suelo y ecosistema pueden complementarse con técnicas de conservación y eficientización de recursos naturales, dentro de los procesos

productivos del agroecosistema, y la regeneración del sistema ecológico de ésta. En la comunidad, existen técnicas de manejo del agua, de la erosión y de plagas que complementados con la creatividad de los campesinos, pueden resultar benéficos para los sistemas.

Algunas técnicas son la retención de suelo y agua por medio de zanjas o retenes en el suelo, cada 10m aproximadamente en parcelas con pendientes. Esto se complementa con el uso de hierbas en las orillas, mampostería y surcos canaletas para la dirección del agua y frenado del arrastre del suelo hacia fuera de la parcela.

La presencia de árboles y barreras biológicas contra el viento, también previenen la erosión, y aportan a la retención y captación de agua en el suelo, a partir de sus sistemas radiculares, al igual que las hierbas silvestres que colonizan los suelos desnudos o sin trabajar.

Por último, el manejo de la diversidad biológica y cultural, es una de las prácticas de conservación más valiosas de los ecosistemas. El cuidado, protección, mejora, recolección, selección, almacenamiento y reproducción de semillas criollas de producción, semillas nativas y silvestres, plantas y hongos por espora, y de la diversidad biológica de otras formas de vida, construye en gran medida la capacidad de los sistemas de sostenerse en el tiempo, adaptarse a los cambios ambientales y mejorar sus atributos.
la
En Tecuanipan, existe un manejo multiescalar de semillas criollas, y se comienzan a reproducir las nativas; sin embargo es un punto de atención debido a la introducción de semillas híbridas que amenazan a las criollas y nativas, los herbicidas, los pesticidas que impiden la polinización, y el uso de medios de transformación que mezclen las semillas de varios productores, como las máquinas trilladoras de amaranto.

Manejo de recursos humanos

Las formas de organización para el manejo de los agroecosistemas es determinante del estado y prácticas que se realizarán en éste. Una organización equitativa para la planificación de las parcelas, contribuye a su buen manejo. Esto implica la

participación de la comunidad, los pueblos vecinos y las familias, incluyendo a los grupos vulnerados como mujeres, niños y ancianos en las tardeas del agroecosistema, ya sea en la parcela, los ciclos domésticos o los animales.

Esta organización debe ser justa en la toma de decisiones, donde se escuchen las voces de todos los participantes del sistema, en la repartición de costos y beneficios, en la delegación de trabajos y tareas, y en la distribución de la cosecha; principalmente en las parcelas destinadas a autoconsumo, pero también en las de generación de ingresos.

El uso de apoyos comunitarios, intercambios entre vecinos y acuerdos entre campesinos respecto al trabajo, manejo y conservación de la semilla, manejo de suelo, manejo del ecosistema en la parcela, y consumo local, facilita las tareas y genera autonomía, autogestión y resiliencia dentro de los procesos productivos, donde se reduce la dependencia en trabajo externo, los costos del mercado y los precios de venta.

El uso de recursos humanos, como conocimientos, técnicas, habilidades, instrumentos, calendarios y saberes, así como la intuición del campesino, sus sentires, sus cálculos, sus horarios y rutinas, sus rituales, su inteligencia y su creatividad, así como la herencia cultural transformada en prácticas, costumbres, hábitos, nombres, lengua, platillos, usos, modos de vida y medios de producción, transformación y consumo, se vuelven el único medio real, funcional para el manejo adecuado de estos sistemas dentro de cada contexto.

Manejo de recursos económicos

Si bien, existe un sistema neoliberal, capitalista, y de mercado que está dominando y hegemonizado los medios de producción, transformación, venta, distribución y consumo, de los que depende en parte los ingresos, ahorros y seguridad económica de las familias, es importante generar formas de resistencia y resiliencia ante los cambios, demandas y efectos de este sistema dominante; y esto es, en su mayoría, a partir del aprovechamiento de diversos medios sociales y estrategias comerciales.

El aprovechamiento para autoconsumo, la generación de ciclos cerrados, los múltiples usos de los bienes, servicios y beneficios de los subsistemas de parcela y animales, ya es un factor de resiliencia ante estos cambios. Los conocimientos sobre etnobotánica, conservas de alimentos, secado, almacenamiento y transformación de estos productos es importante para la generación de valor agregado, su duración y el reparto sostenido de bienes en las familias.

La generación de ahorros y consumos por medio del subsistema de animales es una de las importantes estrategias que aplican las familias de Tecuanipan. La alimentación y reproducción de animales, permite crear “colchones” financieros que sirvan de ahorro para emergencias, inversiones u otras necesidades, y puedan ser utilizados de inmediato si fuera necesario. El uso de los productos derivados de los animales de corral, como el huevo, la carne, el abono y el trabajo, son otros aportes de este subsistema.

Utilizar todos los productos de la parcela, y eficientar el trabajo, realizando varias tareas en un mismo espacio contribuye a la generación ahorros. La transformación artesanal de los productos y la valoración de los recursos endémicos, artesanales, locales, directamente provenientes del productos y obtenidos por economías justas antes de su introducción al mercado, es importante no sólo por el origen y calidad de los productos, sino también por el valor que estos atributos agregan al producto transformado, como lo realiza la cooperativa SanJe.

Así mismo, la generación de economías solidarias y participativas como parte de las iniciativas locales, es un paso que no puede omitirse antes de implementar estrategias de comercialización, pues a partir de la organización comunitaria en cooperativas, puntos de venta y formas de intercambio, remuneración, producción, distribución, comercio y consumo justos, es que pueden romperse las cadenas productivas de los sistemas dominantes que trasladan costos al productor y centralizan las ganancias, así como la intervención de intermediarios que no retribuyen de forma justa a los productores, y les permite a estos últimos acercarse al consumidor y la valoración remunerada de su trabajo.

La obtención de capital comunitario para la transformación de productos, así como la recuperación de la transformación artesanal, son medios importantes para realizar la independización del mercado de insumos y manufacturas, y promueve la autogestión, facilita el transporte de productos y el acceso a nuevos formatos de venta, así como la dependencia en intermediarios que transforman los productos y los venden al doble del precio, pero no se reparten de forma justa las ganancias.

El uso de diferentes estrategias de comercialización como la generación de puntos de venta locales, organización en coalición con otros pueblos para eventos de intercambio y comercialización regionales, la variedad de formatos de venta (menudeo, mayoreo, intercambio, producto transformado) y de presentaciones de los productos transformados (harinas, polvos, verduras, conservas, curtidos), concentran los valores agregados y propios de los productos dentro del ciclo económico comunitario y de las familias, no únicamente en los vendedores.

Finalmente, la reducción en la dependencia en insumos y consumos importados para uso de la comunidad, es importante para fortalecer la economía local y la autosuficiencia que ayuda al sostenimiento de económico de las familias, y reduce los costos de producción y transformación; en conjunto con la disminución de exportaciones y salidas del sistema a mercados externos, sino más bien el aprovechamiento de mercados locales y el intercambio y alianza con pueblos vecinos respecto a los medios de producción y comercialización.

El uso de diferentes medios de producción alternativos al empleo, como la participación de las familias y la comunidad en estos procesos también reduce los costos de producción, pero principalmente, la creación de proyectos endógenos, solidarios, autónomos que sean iniciativa local, y el trabajo en equipo comunitario, será el respaldo que sostenga la economía de la comunidad y sus familais campesinas.

XII. REFERENCIAS

Acosta, M., Corral, S. (2017). “Multicriteria Decision Analysis and Participatory Decision Support Systems in Forest Management”. *Forests, 8* (116).

Aigneren, M. (2002). “La técnica de recolección de información mediante los grupos focales”. *Rev. Electrón. Sociol. Escen vol* 6: 1–32.

Aranda, J., Herath, G. (2009). “A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning”. *Ecological Economics 68*: 2535–2548.

Astier, M., Macera, O., Galván, Y. [Coordinadores]. (2008). *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. Imag Impressions, España. Recuperado de: https://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook_file/9788461256419.pdf

Bautista-Zúñiga, F. (1998). “Conservación y Manejo de los suelos”. *Ciencias*. Pp.50-55. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.

Bell, D. (1975). *A Decision Analysis of Objectives for a Forest Pest Problem*. International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA, Austria

Benites, J. y Bot, A. (2013). “Agricultura de conservación. Una práctica innovadora con beneficios económicos y medioambientales”. *Agrosaber*. Perú.

Bernal, H [Responsable técnico]. (2021). *Protocolo de investigación e incidencia en materia de soberanía alimentaria titulado: Casa de la semilla y huertos urbanos agroecológicos en la región centro de Puebla, una estrategia necesaria de transformación hacia la soberanía alimentaria* [Minuta]. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Capulín-Grande, J. Escobedo-Castillo, J., Ocampo-Fletes, I., Juárez-Sánchez, J., Rappo-Miguez, S. (2007). *Desarrollo endógeno y estrategias campesinas en una comunidad Cholulteca. El caso de San Miguel Papaxtla, Tecuanipan, Puebla. Ra Ximhai, 3* (1): 137-164. Universidad Autónoma Indígena de México, México. Recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/461/46130106.pdf

Cardoso, D., Bernardi, T., Manoel, J., de Cassia, K. (2018). “Biogeography and priority areas for the conservation of bats in the Brazilian Cerrado”. *Biodivers Conserv, vol 27*:815–828

Carmona, M. (2004). *Reseña histórica sobre la agricultura*. Universidad de las Américas Puebla. México

Casita de Barro. (2013). *Tecuanipan*. Casita de barro, sustentando justicia, San Jerónimo Tecuanipan, Puebla, México. Recuperado de: http://www.casitadebarro.com/contacto.html

Castelán, R., Tamaríz, V., Ruiz, J., Linares, G. (2014). "Evaluación de la sustentabilidad de la actividad agrícola de tres localidades campesinas en Pahuatlán, Puebla. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios"*. Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas, Posgrado en Ciencias Ambientales. 1* (3): 219-231. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), México. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n3/v1n3a3.pdf

Castillo, D., Tapia, M., Brunett, L., Márquez, O., Terán, O., Espinosa, E. (2012). *Evaluación de la sustentabilidad social, económica y productiva de dos agroecosistemas de producción de leche en pequeña escala en el municipio de Amecameca*. México.

Cerón, L., Carvajal, Y., Ávila, A. (2014). "Evaluación agroecológica de los sistemas productivos agrícolas en la microcuenca Centella (Dagua, Colombia). *Colombia Forestal, 17* (2): 161-179. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

Chandra, H., Sara, S., Bhatia, K., Roy, P. (2007). "Multicriteria Spatial Decision Analysis in Web GIS Environment". *Geoinformatica vol* 11:407–429

Colectivo ENCINO.[1] (2017). *Sistematización reunión cooperativa 25 de agosto 17* [Sin publicar]. ENCINO, México.

Colectivo ENCINO.[2] (2017). *Reunión 05/09/17* [Sin publicar]. ENCINO, México.

Colectivo ENCINO. (2019). *Simposio: Educación y cultura ambiental en el estado de Puebla. En el Marco de los Objetivos del Desarrollo Sostenible*. Universidad Iberoamericana Puebla, México.

Colectivo ENCINO.[1] (2020) *Conafor Incendios* [Sin publicar]. Universidad Iberoamericana Puebla. México.

Colectivo ENCINO.[2] (2020) *Campaña Fondeadora* [Sin publicar]. ENCINO, México.

Colectivo ENCINO.[3] (2020). *Líneas de acción colectivo ENCINO* [Sin publicar]. ENCINO, México.

Colectivo ENCINO[1]. (2021). *Proyecto de Acta constitutiva C. ENCINO* [Sin publicar]. ENCINO, México.

Colectivo ENCINO[2]. (2021). *C.V. Colectivo ENCINO* [Sin Publicar]. ENCINO, México.

Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Comercio y Desarrollo [UNCTAD]. (2014). *Regenerative Organic Agriculture and Climate Change*. Rodale Institute. Estados Unidos.

Cruz-Huerta, C., González-Guillén, M., Martínez-Trinidad, T., Escalona-Maurice, M. (2017). "Identifying priority conservation areas for above-ground carbon sequestration in Central Mexico". *iForest, vol* 10: 923-929.

Dosal, A.[1] (2019). P*ercepción ambiental y el rompecabezas comunitario en San Jerónimo Tecuanipan, Puebla* [Tesis]. Universidad Iberoamericana Puebla (UIAP), Heróica Puebla de Zaragoza, México.

Escalera, E.[1] (2017). *Catálogo de especies arbóreas del Cerro Xocoatlayo en San Jerónimo Tecuanipan*. Universidad Iberoamericana Puebla, México.

Escalera, E.[2] (2017). *Inventario Forestal para un proyecto de Restauración del Paisaje Forestal en San Jerónimo Tecuanipan, Puebla, México*. Universidad Iberoamericana Puebla, México.

Faúndez, M. (2014). *Análisis Geográfico de Áreas Prioritarias para Restauración Ecológica en la Isla Robinson Crusoe*. [Tesis de grado] Universidad De Chile. Santiago, Chile.

Figueroa, A. (2018). *Identificación y mitigación de perturbaciones forestales y de suelo en el municipio de San Jerónimo Tecuanipan.* Universidad Iberoamericana Puebla, México.

Foladori, G. (2002). "Avances y Límites de la Sustentabilidad Social". *Economía, Sociedad y Territorio, 3* (12): 621-637.

Fonseca, N., Martínez, H., Muñoz, Y. (2020). Evaluación de sustentabilidad en agroecosistemas campesinos en el municipio de Cabrera, provincia del Sumapaz. *Revista Pensamiento Udecino 4* (1). Universidad de Cundinamarca, Colombia. Recuperado de: http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/301/3011614004/3011614004.pdf

Fontana, M. (2013). *Aportes para la evaluación de la sustentabilidad, a partir de la comparación de dos sistemas agrícolas de San Carlos, Mendoza* [Tesis]. Universidad Nacional de Cuyo, Colombia. Recuperado de: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/5438/fontana-agr.pdf

García, E[1]. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (1998). “Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen”. *Serie Libros* (6): 21-45. Comisión Nacional Para el Estudio de la Biodiversidad (CONABIO), México.

Geilfus, F. (2009). *80 Herramientas para el Desarrollo Participativo. Diagnóstico, Planificación, Monitoreo y Evaluación*. Costa Rica.

González, M., Plascencia, O., Martínez-Trinidad, T. (2016). “Áreas prioritarias para restauración ecológica y sitios de referencia en la región Chignahuapan-Zacatlán”. *Madera y Bosques, 22*(2): 41-52 Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México

González, O., Iglesias, C., Herrera, M. (2009). Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 18* (2): 57-63. Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez, Cuba.

Gutiérrez, J., González, E., Aguilera, G. (2007). *Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas*. Universidad Autónoma del Estado de México, México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. San Jerónimo Tecuanipan, Puebla, clave geoestadística 21126.* INEGI, México. Recuperado de: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21126.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Guía para la interpretación Cartográfica Edafología. México*, Pp. 11-23. México.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). (2010). “San Jerónimo Tecuanipan” *En Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México*. INAFED, México. Recuperado de: http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21126a.html

Kangas, A., Kangas, J., Kurttila, M. (2008). “Decision Support for Forest Management”. *Springer Science y Business Media B.V.*

Landa, R., Carabias J., Meave, J. (1987). “Deterioro ambiental, una propuesta conceptual para zonas rurales de México”. Economía, Sociedad y Territorio,

Vol. 1(2). *Laboratorio de Ecología*. *Facultad de Ciencias*. Pp. 203-223. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.

Lara, S., Zenteno, E. (2017). *Determinación de las zonas con menores índices de contaminación provenientes de procesos de carácter productivo y urbano en el río Atoyac para establecer zonas de atenuación natural de contaminantes*. Universidad Iberoamericana Puebla, México.

Leff, E. (2005). "La Geopolítica de la Biodiversidad y el Desarrollo Sustentable: economización del mundo, racionalidad ambiental y reapropiación social de la naturaleza". *En* Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), *Seminario Internacional REG GEN: Alternativas Globalización. Rio de Janeiro, Brasil.* Brasil. Recuperado de: http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/reggen/pp12.pdf

Leff, E. (2007). La complejidad ambiental. *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana, 6* (16): 1-9. Universidad de Los Lagos, Santiago, Chile.

Márquez, I.[1] (2019). *Cambio de Uso de Suelo en región del Popocatépetl* [Informe]. Universidad Iberoamericana Puebla, México.

Márquez, I.[2] (2019). *Propuesta de estrategias de educación ambiental para la institución Casita de Barro.* Universidad Iberoamericana Puebla, México.

Márquez, I., Aguilar, M., Mendoza, R., García, C. (2019). *Identificación, colecta, selección y producción de plantas naturales de San Jerónimo Tecuanipan destinadas a la restauración del bosque nativo* [Sin publicar]. Universidad Iberoamericana Puebla, México.

Martínez, M. (2011). El paradigma sistémico, la complejidad y la transdisciplinariedad como bases epistémicas de la investigación cualitativa.Revista Electrónica de Humanidades, *Educación y Comunicación Social, 6* (11): 6-27. Universidad Rafael Belloso Chacín Zulia, Venezuela.

Martínez, T. (1983). "Historia de la agricultura en México" [Ponencia] en *Taller Latinoamericano de prevención de riesgos en el uso de plaguicidas*. Pp. 15-44. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. México.

Martínez, T. (2009). "Documentos para la historia agrícola de México". *Revista de Geografía Agrícola.* (2009): 109-113.Universidad Autónoma Chapingo, México

Martínez-Castro, C. J., Ríos, M. & Castillo, M. (2015). Propuesta para evaluar la sustentabilidad en agroecosistemas de piña en municipios del trópico mexicano. *Cathedra et Scientia. International Journal. 1* (2): 63-80. Instituto

Tecnológico de Oaxaca e Instituto Tecnológico de Nuevo León, México. Recuperado de: http://www.profesoresuniversitarios.org.mx/catedra_ciencia_international_journal/0020_sustentabilidad_agrosistemas_pina_tropico_mexico.pdf

Masera, O., Astier, M., López, S. (2000). *Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El marco de evaluación MESMIS.* Grupo interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada. México.

Mustajoki, J.; Saarikoski, H.; Marttunen, M.; Ahtikoski, A.; Hallikainen, V.; Helle, T.; Hyppönen, M.; Jokinen, M.; Naskali, A.; Tuulentie, S. (2011). "Use of decision analysis interviews to support the sustainable use of the forests in Finnish Upper Lapland". *Environ. Manag. 92*: 1550–1563.

Nordström, Eva-Maria and Eriksson, Ljusk Ola and Öhman, Karin (2010). "Integrating multiple criteria decision analysis in participatory forest planning". *Forest policy and economics. 12* (8): 562-574

Organización de las Naciones Unidas (1987). *Nuestro futuro común* [Informe]. Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Recuperado de: http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf

Ortiz, T., Quiroz, A., Migoya, C. (2017). *Evaluación de la sustentabilidad para el manejo de sistemas naturales. Manual para el técnico comunitario.* Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Palma, M., Vanootehem, I. (2019). "Casita de Barro: Experiencia de Vida Sustentable" En *Ina y Manuel*. AirBnB. Recuperado de: https://www.airbnb.mx/rooms/36527843?_set_bev_on_new_domain=1568200144_ZDRiZjg2NjU2NzUz&source_impression_id=p3_1568200450_TYsdSKn%2FGcB5j%2F6X

Paredes, A. (2018). *Curso de educación ambiental incorporada al sistema educativo NicanCalli de Casita de Barro.* Universidad Iberoamericana Puebla, México.

Pfeiffer, E. (1992). "Introducción al método agrícola biodinámico" [Traducción]. *Biodynamics.* Asociación de Agricultura Biodinámica estadounidense. Estados Unidos.

Reátegui, R. (2019.). *Ciencia, Enfoque Sistémico y Complejidad ambiental*. FIPA, UNICA, Perú. Recuperado de: https://pdfcookie.com/documents/ciencia-enfoque-sistemico-y-complejidad-ambiental-68v4gr5qg8vg

Robledo, L. (2014). *La historia de la agricultura y los cultivos transgénicos. Cienciorama*. Pp. 1-4. Universidad Autónoma de México, México.

SanJe[1]. (2020). *Folleto de Invitación SanJe*. Casita de Barro, Puebla.

SanJe[2]. (2020). *Info Productos SanJe*. Casita de Barro, Puebla.

SanJe[1]. (2021). *Info SanJe para CONACYT.* Casita de Barro, Puebla.

SanJe[2].(2021). *Catálogo SanJE Jul 21*. Casita de Barro, Puebla.

Sarandón, S. (2010). "Capítulo 20: El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas". En *Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable*. Pp. 393-414.

Sarandón, S., Flores, C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. *Agroecología 4:* 19-28. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. Comisión de Investigaciones Científicas. La Plata, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de: https://www.colpos.mx/wb_pdf/Veracruz/Agroecosistemas/lectura/28.pdf

Saaty, R. (1987). "The Analytic Hierarchy Process. What it is and ho is it used". *Math Modelling, 9* (3-5): 161-176, 1

Secretaría de Desarrollo Social. (2013). "San Jerónimo Tecuanipan (21126), Datos Generales". *Unidad de Microregiones: Puebla.* México. Recuperado de: http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=zap&ent=21&mun=126

Secretaría de Gobernación (SEGOB), Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). (2010). San Jerónimo Tecuanipan. *Sistema Nacional de Información Municipal*. México. Recuperado de: http://www.snim.rami.gob.mx/

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Agricultura y Desarrollo Social (SAGARPA). (2010). *Salinidad del suelo*. Fundación Produce Nayarit A. C., Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.

Silva-Santamaría, L., Ramírez-Hernández, O. (2016). Evaluación de agroecosistemas mediante indicadores de sostenibilidad en San José de las Lajas, provincia de Mayabeque, Cuba. *Revista Luna Azul 44*: 120-152. Universidad Caldas, Cuba. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n44/n44a08.pdf

Simula, M. y Mansur, E. (2011). "Un desafío mundial que reclama una respuesta local. Unasylva". *Revista Internacional de silvicultura e industrias forestales, 62*.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO.

Sistema Meteorológico Nacional (SMN). (2019). SMN: *Climogramas 1981-2010.* Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). México. Recuperado de: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/climogramas-1981-2010

Soil Association y Sustain. (2001). *Organic Food and Farming. Myth vs reality*. Catherine Fookies. Estados Unidos

Soil Association. (2014). *Organic versus Non-organic. A new evaluation of nutritional difference crops*. Neal's Yard Remedies. Estados Unidos.

Solis, S. (2013). *Alteraciones en el desarrollo embrionario del pez cebra por exposición a muestras del Río Atoyac y descargas industriales*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Stewart, T.J., Joubert, A., (1998). “Conflicts between conservation goals and land use for exotic forest plantations in South Africa”. En: Beinat, E., Nijkamp, P. *Multicriteria Analysis for Land-Use Management.* InKluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 17–31.

Subsecretaría de Planeación, Evaluación y Desarrollo Regional. (2010). “San Jerónimo Tecuanipan, Puebla” En *Informe Anual Sobre La Situación de Pobreza y Rezago Social*. Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). México.

Sutti, F., Strong, A., Perlut, N. (2017). “A Multicriteria Decision Analysis for Identifying Priority Conservation Areas for Grassland Birds”. *Northeastern Naturalist, 24* (8): 99-118

Ramos, G. (2013). “¿Por qué es importante la ecología política?”. *Nueva Sociedad* (244), 47-70.

Richter, M. (1995). “La agricultura biodinámica [Entrevista a Rudolf Steiner]”. *Biodyn* (15). Asociación de Agricultura Biodinámica de España. España.

Rzedowski, J. (2006). “Capítulo 16. Bosque de Quercus” En *Vegetación de México* [1ra. Edición digital]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

Turrent, A., Cortés, J.,Espinosa, A.,Mejía, H.,Serratos, J. (2010). “¿Es ventajosa para México la tecnología actual de maíz transgénico?”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 1* (4): 631-646, México.

Zamora, M. (2019). *Factores de vulnerabilidad socioambiental en relación con fuentes de contaminación en Puebla-Tlaxcala*. Universidad Nacional Autónoma de México, México

Zapata, F. & Vidal, R. (2016). *La Investigación-Acción Participativa. Guía conceptual y metodológica del Instituto de Montaña.* Instituto de Montaña. Perú.

Zizumbo D., García, P. (2008). "El origen de la agricultura, la domesticación de plantas y el establecimiento de corredores biológicoculturales en Mesoamérica". *Revista de Geografía Agrícola* (41): 85-113.Universidad Autónoma Chapingo.México.

Zoldos, Martina[1]. (2017). *Casita de Barro* [Video]. Lado B. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=tZ_W06NjAaI

Zoldos, Martina[2]. (2017). *Portada: Casita de Barro, la sustentabilidad como herramienta de justicia social*. Lado B. Recuperado de: https://ladobe.com.mx/2017/04/casita-barro-la-sustentabilidad-herramienta-justicia-social/

Cartas Geográficas:

Centro Canadiense de Teledetección, Sector Ciencias de la Tierra, ministerio de Recursos Naturales (Canada Centre for Remote Sensing [CCRS], Earth Sciences Sector, Natural Resources Canada),Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Comisión Nacional Forestal (Conafor), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), Servicio Geológico de Estados Unidos (U.S. Geological Survey, USGS), (2010). 'Cobertura del suelo de México, 2005, a 250 metros'. Edición: 1.0. Ottawa, Ontario, Canadá, Centro Canadiense de Teledetección (Canada Centre for Remote Sensing, CCRS); Sioux Falls, Dakota del Sur, Estados Unidos, Servicio Geológico de Estados Unidos (U.S. Geological Survey, USGS); Aguascalientes, Aguascalientes, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi); Montreal, Quebec, Canadá, Comisión para la Cooperación Ambiental.

García, E.[2], Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1998) "Climas" (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1000000, México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). “Conjunto de datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación”. Escala 1:250000. Serie VI (Capa Unión), Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes México.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1995). “Edafología”. Escalas 1:250000 y 1:1000000. México.

Maderey-R, L., y Torres-Ruata, C. (1990), “Hidrografía”. Extraído de Hidrografía e hidrometría, IV, 6, 1 (A). Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM, México.

Rzendowski, J. (1990). “Vegetación Potencial”. IV,8,2. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía. UNAM, México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Dirección de Geomática. (2004). “Degradación del suelo en la República Mexicana”. Escala 1:250000. México, Distrito Federal.

Vidal-Zepeda, R.[1] (1990). “Precipitación media anual” en Precipitación. IV, 4, 6. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM, México.

Vidal-Zepeda, R.[2] (1990). “Temperatura media anual” en Temperatura media. IV, 4, 4. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM, México.

Entrevistas

Márquez, I.[4] (20 de Noviembre de 2019). Entrevista estructurada a Ina Vanootehem sobre el programa educativo NicanCalli [sin publicar]. Casita de Barro, México.

Márquez, I.[3] (Noviembre de 2019). Entrevista estructurada a Alexia Dorsal sobre el servicio social en el programa educativo NicanCalli [sin publicar]. Casita de Barro, Puebla

Talleres participativos:

Casita de Barro[2]. (2019). *¿Qué hemos hecho?: Investigaciones y Trabajos* [Diapositivas]. México [Sin publicar]

Casita de Barro[1]. (2019). *Informe del Taller de Modos y Medios de vida 3/Dic/2017* [Diapositivas]. San Jerónimo Tecuanipan, Puebla, México [Sin publicar]

Casita de Barro[3]. (2019). *Taller de Modos y Medios de vida 10/Nov/2019* [Taller presencial]. San Jerónimo Tecuanipan, Puebla, México

Dorsal, A. (2019). "Puesta en común" en *Sistematización de resultados del Taller de Modos de Vida 10/Nov/2019*. San Jerónimo Tecuanipan, Puebla, México [Sin publicar]

Márquez, I. et al. (2019). "Relatoría del Grupo Focal 1" en *Sistematización de resultados del Taller de Modos de Vida 10/Nov/2019*. San Jerónimo Tecuanipan, Puebla, México [Sin publicar]

Andrade, et al. (2019). "Relatoría del Grupo Focal 2" en *Sistematización de resultados del Taller de Modos de Vida 10/Nov/2019*. San Jerónimo Tecuanipan, Puebla, México [Sin publicar]

Márquez, I.[1] (2021). Relatoría del Taller de Diagnóstico. Cooperativa SanJe y Universidad Iberoamericana Puebla, México

Márquez, I.[2] (2021). Relatoría del Taller de propuesta de aumento de membresía. Cooperativa SanJe y Universidad Iberoamericana Puebla, México

Trabajo con grupos focales

Cruz, Y., López, R., Quispe, M., Fetter, G. (2021). Avances de evaluación de sustentabilidad. Sistema agroecológico alternativo y tradicional [Sin Publicar]. Universidad Iberoamericana Puebla, México.

Carreto, R., Canseco, M., López, V., Moreno, I. (2021). Evaluación de la sustentabilidad en dos sistemas agrícolas [Sin Publicar]. Universidad Iberoamericana Puebla, México.

Islas, L., Hernández, M., Téllez, R., Sarabia, A. (2021). Evaluación de la sustentabilidad. Sistema tradicional vs sistema alternativo de amaranto [Sin Publicar]. Universidad Iberoamericana Puebla, México.

Transectos

Márquez, I., Aguilar, M., Mendoza R., y García, C. (2019). *Identificación, colecta, selección y producción de plantas naturales de San Jerónimo tecuanipan*

destinadas a la restauración del bosque nativo. San Jerónimo Tecuanipan, Puebla, México [Sin publicar]

Hernández, M., Márquez, I., Huerta, G., Andrade, P. (2019). *Reporte de salida de campo a San Jerónimo Tecuanipan* [Sistematización de transecto en campo]. San Jerónimo Tecuanipan, Puebla, México [Sin publicar]

ANEXOS

TRANSECTOS CON ARMANDO LÓPEZ

SITIO 1: MANEJO TRADICIONAL

Datos geográficos

Ubicación:

Imágen 1. Parcela Sitio 1 Armando

Imágen Satelital obtenida de Google Earth (2021)

La parcela se ubica a unos metros del cruce entre la carretera que viene de Santa Isabel Cholula hacia San Jerónimo Tecuanipan, y la carretera más cercana al pueblo de San Jerónimo Tecuanipan.

Extensión:

Área: 4800m^2 o media Ha

Tenencia:

Propietario: Armando López

El terreno lo compró Armando con el dinero ahorrado en el norte USA, donde estuvo trabajando durante 8 años, además de ir a la escuela. Por 4 años también trabajó en la Ciudad de México.

Caracterización

El terreno es policultivo, plantado por surcos de 60cm aproximadamente entre cada uno, donde se planta principalmente maíz pozolero y ayocote asociados. Entre cada 10m de surcos aproximadamente, está sembrada una hilera o surco con árboles frutales y endémicos. Del mismo modo, se encuentran a lo largo de todo el terreno hierbas silvestres, algunas con propiedades curativas o aromáticas, que crecen en el terreno y son en ocasiones aprovechadas por los campesinos para usos medicinales, culinarios y comerciales.

Figura 1. Sistema agroecológico de manejo tradicional (Sitio 1) de Armando.

Elaboración propia.

Asociación Maíz y frijol:

El cultivo principal es maíz pozolero blanco (*Zea* mays var. cacahuazintle) asociado con ayocote (*Phaseolus* coccineus). Ésta asociación se debe a que la variedad de maíz sembrada es la más resistente al peso y fuerza del ayocote por sus características físico biológicas de grosor, altura y fibrosidad, que son mayores que otras variedades de maíz, por ejemplo, que el maíz azul, que cae con el peso y fuerza de empuje del ayocote, pues es un maíz más delgado, y aunque sea alto, resiste menos los vientos y este jale.

El maíz pozolero o *Cacahuazintle* (maíz que parece cacao), es una variedad de maíz más grande, redonda y tierna; de tallo grueso y fibroso, alto, y se utiliza nixtamalizado (remojado en cal) para la realización de tortillas, pinole y tamales, así como de otros platillos con elote como el pozole en la región. Tiene una apariencia más tosca que otras variedades de maíz y es más resistente, pero su crecimiento es más lento, de 4 a 6 meses en condiciones de lluvia y sol, y de 6 a 8 meses cuando carece de éstos.

El ayocote pertenece a la familia de las *fabaceaes*, y tiene la apariencia de un frijol grande, parecida al haba o judía; más gordo y ancho que otras especies de frijol de guía, como el frijol negro tradicional (*phaseolus* coccineus var. negro), que es una enredadera más liviana, ligero y frágil, y por lo tanto se asocia fácilmente con muchas variedades de maíz más delgadas y menos resistentes que el pozolero. La flor del ayocote se identifica por ser roja y un ligeramente grande y gruesa que las variedades de la especie *Phaseolus* coccineus, que es donde pertenecen el frijol negro y amarillo, también cultivados en el campo de Tecuanipan. Se utiliza como fuente de proteína en platillos de la región, al igual que los otros frijoles, y son regularmente consumidos por los campesinos de la región.

Manejo:
Tanto el ayocote como el frijol negro son enredaderas, y utilizan como tutor el tallo del maíz, conocido en el campo como “el zacate”, donde se enredan para alcanzar la luz solar. Cuando el sol es poco, tienden a expandirse hacia los lados o buscar otros zacates para enredarse, por lo que el peso hacia los lados jala al maíz, y si éste no es suficientemente resistente, lo tumba o dobla y el elote ya no se desarrolla,

por lo que es importante asociar un maíz con tallo suficientemente resistente a la variedad de frijol que se plante, lo cual fue considerado para el manejo de la parcela por Armando, conocimiento que obtuvo con la experiencia de los años al sembrar.

Los vientos son un problema recurrente para los campesinos de Tecuanipan, tira sus cultivos cuando son muy delgados; lo que provoca que se pierdan cosechas y se vuelva menos rentable como actividad económica. El uso de la variedad de maíz pozolero favorece un mayor rendimiento y menos pérdidas de producción al ser difícil de tumbar.

Árboles:

Además del maíz, se encuentran hileras de árboles frutales y de la región, entre ellos aguacate criollo, durazno, ciruelo, diferentes encinos, pino etc. Muchos de éstos árboles se encontraban en la parcela desde antes de que Armando la comprara, por lo que los más grandes pueden tener 40 o 50 años de antigüedad, y se estima que vivan hasta 100 años. Otros árboles fueron sembrados por Armando, hace 30 años los más viejos, entre 4 a 8 años algunos jóvenes, y los más recientes hace un año que fueron sembrados. Algunos murieron y otros lograron crecer, sin embargo no les presta mucha atención debido a la falta de tiempo por trabajar la milpa.

Los árboles, que en su mayoría son altos y de diámetro ancho, generan sombra en algunas partes de la parcela, lo cual no permite crecer al maíz en los espacios sin luz, pero mantiene la humedad de algunas zonas y genera un microclima más estable, de temperatura menos elevada y aire fresco, y servicios ecosistémicos como retención de agua, suelo y producción de oxígeno. Armando utiliza estos espacios para descansar en las jornadas largas de trabajo, pero también tiene la problemática de no encontrar que sembrar en la sombra y se asocie con los árboles que tiene la parcela.

Manejo:

Las hileras de árboles recién sembrados también permiten el paso de luz, que es crucial para el maíz, pues es un cultivo emergente, es decir, debe encontrarse en

el estrato más alto del agroecosistema, pues necesita recibir la mayor cantidad de luz en el día y la mayor de horas de luz posibles para desarrollarse. Por ello, no es posible sembrarlo donde hay árboles maduros que generan sombra, y es necesario encontrar otro tipo de cultivos resilientes a la sombra y compatibles con el microecosistema generado por los árboles para aprovechar los espacios cubiertos por la copa de los aguacates, encinos y otros árboles de gran altura y diámetro.

No se le ha dado mucha atención a los árboles de la parcela, por lo que presentan problemas como plagas por falta de podas, y también desperdicio de los frutos que producen, pues no hay tiempo para cosecharlos y se terminan pudriendo en el suelo en vez de aprovecharlos para consumo o comercialización, lo cual marcaría una diferencia significativa si continúa sembrando árboles, asunto que mencionó que planea hacer, pues el precio de frutos como el aguacate, se paga bien en el mercado; puede volverse una ganancia al venderlo o un ahorro al consumirlo, pues ha encarecido en los últimos años. Lo mismo sucede con otros frutos, que aunque son de precio más bajo, implican poco trabajo de mantenimiento, a diferencia de la milpa, que es labor constante.

Otro de los problemas mencionados son las plagas. Una que se observa en todos los árboles de aguacate de la parcela es la Agalla del Aguacate (*Trioza* anceps), que es un psílido pequeño de 2 a 5 mm, que forman agallas o protuberancias en las hojas del árbol por consecuencia de la succión de sus hojas y yemas, que se marchitan hasta secarse; y puede llegar a provocar pérdidas totales en el aguacate criollo mexicano, como es en los árboles de Armando.

La plaga comienza cuando la hembra deposita de 1 a 7 huevos en el envés de la hoja,haciendo heridas, y en el tejido parenquimatoso, en el cual se forma una agalla que contiene a la ninfa. Sus fases hasta la adultez duran 60 días, presentándose de 5 a 6 generaciones por año. Éstos bichos se alimentan del jugo foliar y producen una sustancia tóxica, que ocasiona que las células se reproduzcan de manera anormal, originando la formación de la agalla. Armando no ha encontrado un tratamiento para ésta plaga que ya está poblando la mayor parte de sus árboles,

sin embargo supone que con podas podría controlarse, pero no tiene tiempo para realizarlas.

Otra plaga presentada es la Tuza (*Geomyidae* sp.), un mamífero que vive bajo la tierra y tiende a tumbar las plantas desde la raíz, cuando están tiernas o pequeñas y luego se las come. Éste roedor se encuentra en peligro de extinción, sin embargo representa un problema común en los campesinos mexicanos, por lo que muchos las cazan o envenenan. Armando coloca montes de fertilizante químico como trampa, para que se alimenten de él en vez de comer sus plantas y así ha logrado mantener controlada la población, ya sea porque éste químico las envenena, como por que las alimente o ahuyente, aún no se sabe. Las podas, a su vez, beneficiarían el desarrollo del árbol, estimularían la producción de frutos, y, al hacerse adecuadamente, pueden facilitar la cosecha.

Hierbas silvestres:

Algunas hierbas identificadas son el epazote (*Dysphania* ambrosioides), que es utilizado en la cocina mexicana como condimento y hierba de olor. También encontramos hierbas medicinales, como la borraja (*Borago* officinalis), que se utiliza para la tos y malestar en el sistema respiratorio; y flores silvestres, muchas valoradas y que podrían ser aprovechadas por los apicultores como fuente de alimento para las abejas para la producción de diferentes mieles de sabor y propiedades especiales, como la miel mantequilla.

Casi no se observan pasturas dentro de la parcela, dato interesante, pues en muchas parcelas abandonadas de la región se encuentran interrumpidos los procesos de recuperación del bosque por el crecimiento de pastos en la tierra sin labrar, que no permiten el desarrollo de arbustos y hierbas nativas que favorezcan el crecimiento de los árboles nativos del ecosistema original, y estancan su restauración.

Manejo:

Armando no aplica herbicidas, pues conoce los beneficios de mantener las hierbas en su parcela, e incluso las aprovecha para usos de autoconsumo, como para

mantener algunas funciones ecológicas de su parcela, como la retención de agua y suelo, o el mantenimiento de humedad y microclima cerca de los árboles. Sin embargo, sí realiza una “chapeada” o deshierbe al menos dos veces durante cada periodo de crecimiento de la milpa, pues si no dificulta el desarrollo de las plantas al taparles la luz si es que crece mucho la hierba, o compite por los nutrientes y afecta la productividad del cultivo. Esto lo realiza con la herramienta hoz a mano, con ayuda de otras personas, y retira la mayor cantidad de hierbas posibles sin prestar atención a las que no perjudican, usualmente de menor tamaño.

Suelo:

El suelo de Tecuanipan es fértil, debido a su cercanía con el Volcán popocatépetl, y la constante recepción de cenizas que otorgan micronutrientes y estructura a la zona de cultivo, además de que ésta se encuentra en el valle de las faldas del volcán, y ésto representa un depósito de nutrientes por consecuencia de la orografía (los valles se ubican en la parte más baja del relieve, lo que provoca la acumulación de sedimentos) y la vuelve una zona apta para cultivo y asentamientos.

Sin embargo, debido al uso intensivo de suelo en la agricultura, sin un manejo adecuado, así como por la aplicación de agroquímicos y el uso del monocultivo en varias parcelas, el suelo se presenta erosionado, poco vivo y con estructura arenosa, que no es la original. Esto vuelve la retención de agua más difícil, pues en suelos arenosos se infiltra más rápido; y también es más fácil la pérdida de nutrientes por arrastre del suelo con el agua de lluvia o el viento.

La erosión de suelo es una de las problemáticas a las que Armando se enfrenta en estas parcelas. A pesar de que la pendiente de su terreno es muy poca, menos a 3% en su mayoría, el deslave del suelo por las lluvias y el viento es notoria, lo que se relaciona a la falta de nutrientes en algunos cultivos.

Manejo:

Para contrarrestar la problemática mencionada, Armando hace “retenes” de suelo cada 6 m aproximadamente, es decir, pequeñas zanjas que detienen el suelo erosionado por escurrimientos, evitando así que se pierdan los nutrientes y abono

de su parcela. Del mismo modo, deja crecer las hierbas silvestres en las orillas de su parcela para asegurar la retención de sedimentos y agua.

Otra de las estrategias que aplica para la conservación de suelos en su parcela, es la aplicación de acolchados de “zacate”, obtenido del tallo del maíz una vez cosechado el elote, que se trituran y aplican sobre la superficie del suelo durante los tiempos de descanso de la parcela, entre siembra y siembra. Esto sirve para mejorar la estructura del suelo, recuperar los nutrientes utilizados por el cultivo anterior, mejorar la retención de agua, y proteger la vida del suelo de la radiación solar directa. La totalidad del zacate de su misma parcela la ocupa como acolchado, y en ocasiones puede comercializarlo, pero evita hacerlo porque no es bien preciado y significa una pérdida económica, pues se aprovecha mejor al regresarlo a la parcela como acolchado.

Ésta última estrategia va sumada con la aplicación de abonos de origen animal durante la siembra, como es el estiércol de animales de corral (cerdos, gallinas), de borrego y en ocasiones de caballo, que son los animales que también forman parte de su producción además de la agricultura, y de donde obtiene estos recursos. En ocasiones, éstos también son adquiridos al comprarlos con vecinos.

Semilla:

La selección de semillas es un proceso de evolución provocado por el humano; esto asegura la mejora y diversificación de la variedad manejada cada generación que se siembra, buscando la reproducción de las semillas con mejores características (tamaño, resistencia, rendimiento), y se practica desde las culturas antiguas.

La selección de semillas es parte del manejo adecuado de agroecosistemas, pues busca asegurar la diversidad y mejora genética, además de ahorrar la inversión en recursos al sembrar, pues la mayoría de las semillas seleccionadas tienen un alto porcentaje de germinación, lo que significa una menor cantidad de semillas necesarias para sembrar (pues la mayoría germinarán) y una mayor probabilidad en el rendimiento.

Manejo:
Armando obtuvo la semilla con sus vecinos de la región, es probablemente nativa; “me la compartieron” mencionó. Esto asegura que sea nativa de la región y no de origen transgénico en laboratorio. La conservación de la diversidad genética parte del uso de la semilla nativa, su reproducción y la transmisión generacional entre campesinos, que la manejan, conservan y mejoran.

Armando reprodujo las semillas obtenidas y son las que utiliza para sembrar su maíz en todas las variedades. Ocupa 5 variedades: azul, amarillo, blanco, rojo y cacahuazentli o pozolero. Él selecciona la semilla que va a utilizar en cada siembra; ésto significa que revisa, escoge, desgrana, prueba y reserva las mejores semillas de su cosecha para ser las madres de la siguiente generación de cultivo.

Siembra:
Respecto al espacio por cultivo utilizado, cada maíz sembrado junto con ayocote se colocó a 30cm de distancia entre sí en los surcos, de forma unitaria; es decir, uno o dos semillas de maíz cada dos cuartas (30cm). Ésto fue decidido así, debido a que el rendimiento de la semilla es bueno, pues fue previamente seleccionada, y no es necesario sembrar varias en un mismo espacio, pues es probable que todas o la mayoría germine, entonces lo mejor es asegurar el espacio necesario para que cada maíz tenga suficientes nutrientes. Del mismo modo, ésto deja espacio para la luz del maíz y el ayocote.

Si se siembran muchas semillas en un mismo lugar, y todas germinan, compiten por los nutrientes y se estorban mutuamente para el crecimiento, lo cual retrasa y dificulta el desarrollo y crecimiento de la planta, por lo que ésta técnica no es conveniente cuando el porcentaje de germinación de la semilla utilizada es alto (mayor a 80%), como es el caso de las semillas de maíz pozolero de Armando. En caso de que no fuera así, ya sea porque la planta tiene un porcentaje de germinación bajo naturalmente (como la zanahoria) o porque la semilla no fue seleccionada, sería necesario incrementar el número de semillas sembradas en un mismo espacio para asegurar un cultivo, pero esto también implica una mayor

inversión de recursos en la siembra, por lo que la mayoría de los campesinos selecciona su semilla primero.

Manejo:
Parte de las prácticas agrológicas que Armando realiza son basadas en la Luna, pues sus fases afectan el desarrollo de las plantas. Un ejemplo es la siembra y cosecha durante luna llena, pues eso asegura frutos jugosos y llenos de nutrientes, que son llevados de la raíz a las puntas de la planta (hojas y frutos) a través del agua que corre dentro de ella debido a la gravedad de la luna. Ésto asegura más sabor y jugo en el maíz, y también es más difícil que al guardarse, se llene de gorgojos. Además de esto, en la siembra, Armando practica la rotación anual de cultivos entre sus parcelas.

Cultura y tradición:
No obstante, se observa en la misma parcela algunos espacios sembrados con 4 o 5 maíces en un mismo lugar. Esto puede deberse a la tradición indígena de colocar 5 semillas, una para cosechar, otra para el vecino, una por si acaso y el resto para compartir con los animales de la parcela y la tierra. El hecho de que haya gente de la comunidad que ayuda a Armando a sembrar su parcela puede ser un factor causante de estos espacios con varios maíces sembrados en un sólo lugar, pues algunos de los trabajadores que colaboran, puede practicar esta tradición todavía (especialmente si es de tercera edad, la gente mayor conserva más esta tradición) o puede que no seleccione su propia semilla y por ello siempre de esa forma.

Tejido Social:
Armando contrata gente para sembrar en esta parcela, pues es una labor que sobrepasa el tiempo y esfuerzo que una persona puede invertir en un terreno del tamaño de esta parcela, considerando que atiende otras 10 y su producción de animales. Ésto también tiene en parte orígen a una tradición indígena de Tecuanipan. Los ancestros campesinos acostumbraban realizar *tequios* o *faenas* (trabajo colectivo o comunitario) al sembrar, es decir, la gente es convocada (o en el caso de Armando contratada) para sembrar entre varias personas el maíz (u otro cultivo) como un acto de ayuda cuando el terreno es muy grande, para acabar la tarea el mismo día y no atrasar la siembra, asegurando cosecha.

Esto usualmente se realizaba como un acto de solidaridad en la comunidad cuando lo sembrado es para autoconsumo, con la intención de que todos en la comunidad tuvieran su siembra segura y tuvieran de qué alimentarse; sin embargo, como la mayor parte de las parcelas ahora se destinan a comercialización o fines económicos (alimento de ganado o animales de corral), se ha perdido la tradición y ahora se contrata gente y maquinaria para realizar la tarea de forma rápida y eficiente, acción introducida desde la privatización del campo y revolución verde. Esto a su vez tiene repercusiones económicas y en el tejido social de la comunidad, pues eleva los costos de producción y reemplaza los lazos entre personas por tecnología, reduciendo la resiliencia comunitaria e incrementando el individualismo y aislamiento. Actualmente, Armando contrata gente y Tractor o maquinaria para realizar su trabajo.

Tecnología:

La labranza se realizaba a mano originalmente en Tecuanipan, y luego fue sustituída por tracción animal, como la Yunta o los caballos, en actividades como el deshierbe, el arado y la siembra. Armando, así como varios campesinos de la región utilizan tractor, por ser lo más rápido como tecnología para realizar el trabajo; sin embargo esto tiene un costo económico y ambiental. Por un trabajo con Yunta o a Caballo, se cobra $100 la hora, y es un trabajo que dura 4 o 5 horas. La tracción animal es más lenta, pero no compacta la tierra de la misma forma que tecnologías pesadas. El tractor, cuesta alrededor de $700 la hora, y es eficiente y rápido; cumple la tarea en 1 o dos horas, sin embargo hiere la tierra, pues la voltea y mata la microbiota que se encuentra en el suelo y lo compacta. A corto plazo es una mejor inversión el tractor; sin embargo sus efectos a largo plazo son perjudiciales, pues vuelve la tierra infértil, sin vida y de difícil trabajo.

Rentabilidad económica:

Usualmente una parcela de media Ha, como la que tiene Armando, produce alrededor de 4 Ton de maíz, que es lo que comercializa. Ésto lo vende ya procesado, como maíz seco en forma de pinole o harina, para incrementar la ganancia. La mayoría de la gente que le ayuda a trabajar, viene de Nealtican, la población vecina, lo que afecta los costos por el transporte. Al no aplicar

agroquímicos en ésta parcela, los costos disminuyen, sin embargo sí existe una inversión en mano de obra y maquinaria.

Agentes externos:

Las parcelas visitadas avecinan con otras parcelas de producción agrícola, algunas que utilizan abonos orgánicos y otras que utilizan agroquímicos, por lo que a veces se quema la orilla de las parcelas con los agroquímicos, y es necesario dejar las hierbas para amortiguar. Esto también afecta asegurar una producción orgánica o la polinización de sus cultivos para la conservación de las variedades que maneja, especialmente las endémicas, sin ser afectadas por semillas transgénicas, híbridas, comerciales o importadas.

Resumen de Problemáticas

- Deslave y erosión de suelos por viento y agua (tierra arenosa)
- Vecinos con producción utilizando agroquímicos y semilla importada
- Poco aprovechamiento de los estratos bajos de la milpa y sus posibles asociaciones entre cultivos
- Falta de asociación de cultivos de sombra con los árboles
- Oportunidad en el aprovechamiento de hierbas silvestres
- Plaga del aguacate Agallas (*trioza* anceps)
- Plaga de Tuza (*Geomyidae* sp.)
- Poco aprovechamiento de hierbas silvestres y endémicas
- Falta de diversificación de los cultivos
- Disociación del tejido, pérdida de prácticas comunitarias para la siembra
- Falta de alianza con campesinos
- Necesidad de almacenamiento, diversificación y compartir la semilla utilizada
- Necesidad de utilizar tecnologías más amigables al suelo
- Necesidad de atención al cuidado y mantenimiento de los árboles frutales
- Falta de atención a la parcela en el manejo de árboles
- Poco manejo de retención de suelos y agua
- Oportunidad en el manejo y aprovechamiento de variedades endémicas
- Poco manejo para la conservación de la vida en el suelo
- Uso de tecnologías dañinas a largo plazo para el suelo y la vida en éste
- Falta de tiempo para el manejo de todos los elementos en la parcela.

SITIO 2: MANEJO MIXTO

Datos geográficos

Ubicación:

Imágen 2. Parcela Sitio 2 Armando

Imágen Satelital obtenida de Google Earth (2021)

La parcela se ubica a unos metros del cruce entre la carretera que viene de Santa Isabel Cholula hacia San Jerónimo Tecuanipan, y la carretera más cercana al pueblo de San Jerónimo Tecuanipan, frente a la parcela del Sitio 1.

Extensión:

Área: desconocido

Tenencia:

Propietario: vecina de Armando

El terreno es compartido con la vecina de Armando, quien es la propietaria de la parcela. El trabajo se realiza “a medias”, es decir, uno trabaja y el otro pone el terreno. La cosecha se comparte o se divide de acuerdo al trabajo que hizo cada quién, según sea conveniente para ambas partes.

Caracterización

El terreno es monocultivo, plantado por surcos de 60cm aproximadamente entre cada uno, donde se siembra frijol. Dentro de la parcela se manejan dos variedades, frijol de mata amarillo (*Phaseolus* vulgaris var. amarilla), y frijol de mata peruano variedad negra (*Phaseolus* vulgaris). El suelo es arenoso al igual que en el Sitio 1, recibe luz solar durante varias horas del día y lluvias abundantes en tiempo de humedad. Se presentan dificultad en el desarrollo de las plantas probablemente por deficiencia de nutrientes.

Figura 2. Sistema agroecológico de manejo mixto (Sitio 2) de Armando.

Elaboración propia.

Variedades de frijol:

Se decidió sembrar ambas variedades de frijol debido a que uno es más adaptable al clima de la zona (frijol amarillo), y por tanto tiene un mayor rendimiento, y el otro por ser mejor preciado en el mercado (frijol peruano).

El primero es originario de méxico y está naturalizado a los ecosistemas de la región, ha sido una semilla manejada por varias generaciones de campesinos, por lo que es segura su supervivencia, y ha sido uno de los frijoles convencionalmente más usados desde antes de la llegada de variedades de otras regiones, junto con la variedad negra y de otros colores.

El frijol Peruano es un híbrido entre el frijol de mata y el de guía que se formó naturalmente durante miles de años en Perú, y es utilizado por el tamaño de su semilla, ligeramente mayor que otros frijoles de mata y la facilidad de su cuidado, al igual que los frijoles de guía; sin embargo su rendimiento en clima mexicano es menor que en el de su país de origen; sin embargo la vecina de Armando ha logrado que no sea tanta diferencia al manejar la semilla y naturalizarla.

Pueden notarse diferencias entre el desarrollo de ambas variedades, desde el tamaño de la mata y la coloración y calidad de sus hojas, hasta el rendimiento en cuanto a producción de semilla. El frijol amarillo tiene mayor salud en la mata (hojas más completas y verdosas, tamaño ligeramente más grande y mayor producción de semillas), probablemente debido a su facilidad de adaptación por las características anteriormente mencionadas.

Sin embargo, ambas variedades presentan coloraciones amarillas y huecos en sus hojas, además de un tamaño más pequeño de la mata a comparación de la altura deseada y esperada convencionalmente, en un desarrollo normal de la planta. Armando menciona que ésto puede ser debido a la falta de nutrientes en el suelo y el efecto del cambio climático. También menciona que el exceso de agua pudo causar estas deficiencias directa o indirectamente, es decir, por sobre cargar a la planta de iones que desequilibraron el metabolismo de la planta y el aprovechamiento de los nutrientes adquiridos por sus raíces, o indirectamente al deslavar los abonos del suelo e impedir su adsorción.

Manejo:
Ambas variedades llevan el mismo manejo, que es la labranza en al menos tres periodos durante el crecimiento de la planta y la adición de abonos de origen animal, junto con lluvias de temporal. No se aplican químicos o herbicidas.

Suelo:
El suelo se presenta arenoso debido a la erosión provocada por el uso intensivo en la agricultura, sin un manejo adecuado, así como por la aplicación de agroquímicos anteriormente y siembra en monocultivo. El suelo se presenta erosionado, poco vivo y con estructura arenosa, que no es la original. La pendiente es de 0-3% en el terreno, sin embargo se generan pequeñas cárcavas y canales por consecuencia del escurrimiento del agua de lluvia.

La erosión de los suelos es un problema notorio en ésta parcela, el abono y los sedimentos son arrastrados principalmente por las escorrentías de lluvia. Esto representa una consecuencia en los cultivos, manifestándose en la pérdida de nutrientes necesarios para su desarrollo y estabilidad, así como la poca retención de agua en la zona radicular.

Manejo:
Se aplica abono orgánico de borrego en ésta parcela, pero mucho de éste se pierde en escorrentías y se va hacia otras parcelas. La aplicación de acolchado es poca cuando se siembra frijol, a diferencia del maíz que produce mucho zacate, pero al ser una leguminosa, recupera algunos nutrientes en el suelo, como el Nitrógeno. Armando utiliza la rotación de cultivos entre todas sus parcelas, turnando principalmente maíz-frijol-amaranto, igual que la mayor parte de los campesinos de la zona que buscan cosecha segura y no producen verduras, procurando mantener el equilibrio en los nutrientes del suelo y no explotarlo con un mismo cultivo todos los años.

Semilla:
Al igual que en el Sitio 1 con el maíz, Armando obtuvo la semilla de frijol que utiliza con sus vecinos de la región, por lo que también es probablemente nativa, a

diferencia de la semilla de su vecina, que fue obtenida por medios comerciales al ser importada, de origen Peruano. Armando maneja tres variedades de frijol de guía (negro, amarillo y ayocote) y dos de frijol de mata (negro y amarillo). Éstas son seleccionadas, almacenadas y reproducidas para la cosecha de cada año.
Siembra: La siembra se realiza en surcos; cada mata se distancia a 30cm entre sí y no está combinada con otros cultivos. Se encuentran pocas hierbas silvestres en la parcela, pues el deshierbe es profundo, y aunque algunas tengan usos medicinales y culinarios, no se aprovechan para el consumo de Armando ni fines comerciales.
Cultura y tradición: No aplica
Tejido social: No aplica
Tecnología: La mayor parte de la labranza es “a pie”, es decir, las tareas se realizan con trabajo humano utilizando herramientas artesanales como la hoz; sin embargo en ocasiones se utiliza el tractor para preparar la tierra debido a su rapidez y eficiencia, cuando Armando o su vecina no tienen tiempo para trabajar todo.
Rentabilidad económica: No aplica
Agentes externos: Algunas de las parcelas vecinas utilizan abonos orgánicos y otras agroquímicos, así como diversidad de semillas regionales y también introducidas, como la de su vecina. Esto puede tener un impacto en los cultivos, y afecta asegurar una producción orgánica o una polinización segura de sus cultivos que permita la conservación de las variedades que maneja. También se presenta la pérdida de suelo y su arrastre hacia otras parcelas al no haber una cobertura que lo detenga.

Resumen de problemáticas:

- Falta de atención a la parcela en el manejo de suelo y como barrera viva
- Deslave de suelos por escurrimientos de agua
- Falta de diversidad en las especies cultivadas
- Falta de aprovechamiento de los múltiples estratos posibles en la milpa
- Poco manejo de retención de suelos y agua
- Falta de aplicación de cobertura viva (hierbas) y seca (acolchado)
- Desequilibrio en los nutrientes del suelo y deficiencias en las plantas
- Exceso de agua y escurrimientos
- Poco manejo para la conservación de la vida en el suelo
- Uso de tecnologías dañinas a largo plazo para el suelo y la vida en él
- Falta de tiempo para el manejo de todos los elementos en la parcela.
- Deslave del suelo por el agua

SITIO 3: MANEJO CONVENCIONAL

Datos geográficos

Ubicación:

Imágen 3. Parcela Sitio 3 Armando

Imágen Satelital obtenida de Google Earth (2021)

La parcela se ubica a las faldas del cerro Xocoatlayo, y junto a la zona de cultivos. Se encuentra rodeada de caminos de terracería.

Extensión:

Área: desconocida

Tenencia:

Propietario: Armando López

El terreno lo heredó Armando de su padre, quien también es campesino y se ha dedicado a la agricultura toda su vida, al igual que su familia. La parcela se ubica

vecina a las parcelas de su padre y hermanos, y ha sido propiedad de la familia por generaciones, por lo que es un terreno trabajado durante años.

Caracterización

El terreno es monocultivo, dividido en surcos de 60cm aprox entre cada uno, donde se planta maíz azul, en ocasiones asociado con frijol negro. No se encuentran presentes árboles dentro de la parcela debido a su tamaño, poco ancho y muy largo. Tampoco hay presencia relevante de hierbas u otros cultivos.

Figura 3. Sistema agroecológico de manejo convencional (Sitio 3) de Armando.

Elaboración propia

Maíz y frijol:

Armando utiliza la variedad de maíz azul para ésta parcela; es un maíz más delgado y pequeño que el pozolero, por lo que puede amontonarse más. Esto permite plantar una cantidad de zacates un poco mayor a la de la otra variedad en el mismo espacio. Sin embargo, el maíz azul, al ser más delgado, tiende a tumbarse más fácilmente por el viento que el maíz pozolero, que tiene raíces y tallo más resistentes. Además, al ser monocultivo, éste es más propenso a obtener plagas y enfermedades que las

especies asociadas en policultivo, por lo que el riesgo de perder la cosecha es mayor.

En ocasiones, Armando planta en conjunto con el maíz algún frijol de guía. En el caso de esta parcela, habría sido maíz azul y frijol negro o amarillo. Ésta asociación de cultivos viene de la milpa tradicional practicada por sus ancestros desde hace miles de años, y permite que la toma de nutrientes del suelo por parte del maíz, sea regresada por el frijol en parte al ser éste una planta fijadora de nutrientes en el suelo. La asociación es similar a la del maíz pozolero con el ayocote, sólo que el maíz azul es una es una variedad más delgada y baja que el maíz pozolero, por lo que sostie guías más livianas que el ayocote, como el frijol negro, o el amarillo.

En las tierras vecinas, el hermano de Armando siembra frijol, por lo que es probable que el siguiente año se roten cultivos entre sí y se permita que el suelo recupere los nutrientes que el cultivo anterior ha tomado, complementandose entre sí y respetando transversal y longitudinalmente (en un momento y a través del tiempo) las asociaciones del sistema tradicional de la milpa, que contribuyen a la resiliencia del agroecosistema y la conservación del suelo y su equilibrio.

A diferencia de otras áreas, no se encuentran árboles en ésta parcela, debido a que varios campesinos, incluyendo la familia de Armando, buscan el rendimiento máximo del espacio para los cultivos en sus parcelas para obtener mejores ingresos, y por ello han tumbado los árboles de ésta zona desde hace algunas generaciones, sustituyéndolos por monocultivo, pese a las consecuencias ecosistémicas que esto tiene, como en la retención de agua, mantenimiento de la humedad, regulación de la temperatura, entre otros; además de los usos potenciales tanto comerciales como de autoconsumo que tiene el cultivo de árboles frutales y no está siendo aprovechado.

Suelo:

La parcela se ubica a las faldas del cerro Xocoatlayo, por lo que encontramos un tipo de suelo arcilloso, con mayor retención de agua y más compacto. Éste suelo es el originario de la zona; tiene la problemática de endurecerse cuando el sol lo seca

mucho, por lo que necesita una abundante cobertura vegetal viva o seca para evitar que se quiebre o compacte y dificulte el desarrollo de algunas raíces. Sin embargo, la ventaja es la mejor retención de agua a comparación de los suelos arenosos que se encuentran en las parcelas de otras zonas.

El suelo es duro de trabajar cuando está seco, y fácil cuando está húmedo. Tiene tendencia a hacer aglomerados o terrones debido a su alto contenido de arcilla. Los riesgos de un suelo muy arcilloso son la generación de escorrentías, la estructura pantanosa o muy compacta, o la difícil labranza, por lo que es importante agregar la cantidad adecuada de acolchados, composta y arena para equilibrarlo si se siembra en él. También es importante elegir adecuadamente cultivos que puedan desarrollarse en éste suelo y no se pudran o sequen.

Éstos suelos son utilizados en Tecuanipan desde hace cientos de años para la fabricación de bloques y la construcción de viviendas con barro, debido a su facilidad de compactación, termoestabilidad y respiración en los muros.

Manejo:
Armando, así como sus hermanos en las parcelas aledañas, utilizan agroquímicos para el cultivo, debido a la dificultad de retener los nutrientes en éste tipo de suelo. Del mismo modo, utilizan tractor por la dificultad de labranza.

Si se agregan muchas sales dentro de los agroquímicos o se utilizan aguas negras, éste suelo corre el riesgo de volverse impermeable, es decir, que sea más difícil la infiltración del agua de lluvia, causando escorrentías que erosionen el suelo y generen la pérdida de nutrientes con el arrastre de los sedimentos. Lo ideal sería la aplicación de técnicas agroecológicas para el balance químico y físico de los nutrientes y estructura del suelo, así como de las labranzas que lo acompañan para mejorar sus características y volverlas más adecuadas para la agricultura.

Uno de los cuidados que se tienen en el manejo del suelo de la parcela, al igual que en el Sitio uno, es la generación de “retener” o pequeñas zanjas en el terreno que ayudan a la retención del suelo y el abono, que son arrastrados por las escorrentías

cuando hay lluvias, y, de no ser detenidos, provocarían la pérdida de nutrientes y sustrato de la parcela. Sin embargo, no existen otros mecanismos que complementen la retención de suelos, como podrían ser las barreras vivas, los muros de mampostería o los árboles en el márgen del terreno.

Semilla:

La semilla que utiliza es una de las 5 variedades de maíz que maneja, nativas de la región y también consumidas en Tecuanipan.

Siembra:

Armando utiliza agroquímicos en esta parcela para el crecimiento de su maíz, debido a que encuentra difícil abonar y trabajar este tipo de suelo y necesita asegurar la nutrición de su cultivo. También se encuentra el hecho de que sus vecinos fumigan con pesticidas y herbicidas sus parcelas, rociando la suya y afectando su producción o quemándola.

El terreno de Amando es largo, y poco ancho, lo que dificulta la cabida de hileras de árboles, además de las prácticas de tala ya mencionadas en ésta zona. Alrededor de su parcela, su familia cultiva frijol de mata y amaranto, que son las especies que se rotan entre parcelas en esta zona principalmente. Del mismo modo, se acostumbra utilizar tractor para preparar la tierra.

Cultura y tradición:

Debido a que es una parcela heredada, tanto el terreno como las prácticas de labranza fueron transmitidas por generación de padre a hijo para Armando. Esto implica prácticas tradicionales como el manejo de tecnologías artesanales, como el machete, el arado, la hoz.

Lo mismo sucede con las semillas manejadas, que en ocasiones son heredadas por generaciones y esto las vuelve valiosas cultural y genéticamente, pues han sido trabajadas por años, y también se relacionan a las costumbres y prácticas sociales y culturales de la región; por ejemplo, el tipo de maíz que se consume en el sitio, cómo se cocina, cuándo se cosecha y cuándo se come, a qué fiestas se vincula, a

qué edad se va al campo, quiénes participan en cada tarea, cómo se prepara la tierra, cómo se relaciona el lenguaje nativo a éstas prácticas, etc.

Muchas de éstas prácticas ayudan a conservar el ambiente, cuando son prácticas milenarias, como la asociación de maíz, frijol y calabaza en la milpa, que aseguran la fertilidad longeva de los suelos y aprovecha sus estratos; y también contribuyen en gran parte a la conservación del lenguaje, a través de la transmisión de prácticas de labranza y trabajo campesino. Algunos ejemplos muy comunes en Tecuanipan son el nombre de las variedades de semillas como el maíz (*cacahuazentli*), del aguacate criollo, del frijol, el chile; el nombre de las herramientas usadas en el campo y la cocina (metate, molcajete), la forma de saludar de los ancestros, los tiempos y ciclos de labranza y sus nombres (chapear, motitichar), entre muchos otros, que se vuelven vivencia y cotidianidad, manteniendo vigente la cultura.

Desgraciadamente, aunque las prácticas agroecológicas de los nativos, como la asociación de cultivos en la milpa y las formas de labranza artesanal se transmiten como conocimiento, y en el caso de Armando como vivencia, se han abandonado muchas de éstas actividades y se han sustituido por prácticas menos sustentables, como el uso de tractor, agroquímicos, monocultivo y tala de árboles para aprovechar el máximo espacio y rendimiento posible de la parcela, aunque esto tenga un impacto ambiental significativo, y en los rendimientos de la parcela a largo plazo. Ésto tiene origen a partir de la introducción de tecnologías agrarias durante la revolución verde, y la adaptación del modelo económico político neoliberal en la región; y que también ha comenzado a formar parte de la cadena de conocimientos transmitidos en las últimas generaciones, desplazando el valor de los saberes culturales y las prácticas ambientales.

Tejido social:

Es parte de una tradición que el padre campesino herede a sus hijos una parte de su terreno para que comiencen a labrar y formar su vida. Esto representa parte de la conservación del tejido social en la familia nuclear de las familias campesinas de Tecuanipan. Por consecuencia, pueden encontrarse parcelas de diferentes miembros de una familia ubicadas en una misma zona y cercanas entre sí. La

selección de los cultivos manejados está estrechamente vinculada a las prácticas familiares, y la rotación de cultivos muchas veces se realiza considerando los cultivos aledaños, buscando realizar acuerdos que garanticen rentabilidad individual como para las parcelas de los familiares.

Tecnología:

La labranza se ha trabajado por años de forma artesanal, y ha permitido la conservación de suelos tras generaciones; pero actualmente se utiliza maquinaria pesada como el tractor para facilitar el trabajo, aunque esto tenga repercusiones a largo plazo en el rendimiento de la parcela, como la compactación de la tierra y la pérdida de vida en el suelo.

Rentabilidad económica:

Como se acostumbra en la zona de Cholula, el frijol se vende al menudeo en poblaciones cercanas, como Puebla, Atlixco y Nealtican, y también se consume, junto con el maíz, en Tecuanipan.

Resumen de problemáticas

- Uso de maquinaria pesada que perjudica la estructura y vida del suelo
- Desplazamiento de los saberes y prácticas culturales ambientales y de labranza
- Introducción del modelo tecnocentrista occidental y neoliberal en la agricultura
- Falta de asociación y aprovechamiento de los múltiples estratos en la milpa
- Uso de agroquímicos en la parcela, que erosiona el suelo a largo plazo y afecta su permeabilidad e infiltración de agua
- Uso de pesticidas y herbicidas en las parcelas vecinas
- Suelo arcilloso y necesidad de compensación del equilibrio en la estructura del suelo
- Aparición de escorrentías en la lluvia y arrastre del sustrato (erosión de suelo y abono)
- Falta de acolchados vivos o secos como cobertura y estructura en el suelo

SITIO 4: MANEJO MIXTO

Datos geográficos

Ubicación:

Imágen 4. Parcela Sitio 4 Armando

Imágen Satelital obtenida de Google Earth (2021)

Junto a la parcela, pasa en un camino donde todavía se conservan las vías del tren que iba de Puebla a Cuautla hace tres décadas. Este tren levantaba pasajeros y hacía patadas en Tecuanipan, pero no cargaba productos para comercializar de la localidad, pues ya llevaba caña, petróleo y grava de San Martín Texmelucan hacia Morelos y Puebla. Al señor Armando le tocó todavía vivirlo cuando era jóven, hace 30 años que dejó de funcionar el tren.

Extensión:

Área: desconocido

Tenencia:

Propietario: Armando López

El terreno también fue heredado a Armando por su padre y fue trabajado por su familia durante varias generaciones. Se encuentra cerca de otras parcelas de su familia y dentro de la misma zona que la otra parcela heredada.

Caracterización

El terreno es monocultivo, dividido por surcos de 60cm aprox entre cada uno. El cultivo principal es maíz rojo, y es plantado únicamente junto con flor de cempasúchil como método de solución ante algunas problemáticas de la milpa, sin embargo no es asociado intencionalmente a otras especies de la milpa tradicional. No se observa presencia de árboles ni hierbas dentro de la parcela.

Figura 4. Sistema agroecológico de manejo mixto (Sitio 4) de Armando.

Elaboración propia

Maíz y cempasúchil

Armando siembra la parcela como monocultivo de maíz rojo. Al igual que el maíz azul, ésta es una variedad baja y delgada, por lo que sólo puede ser asociada con frijoles de guía ligeros como el negro y amarillo, mas no con ayocote, pues su peso tumbaría los zacates, sin embargo Armando decidió no asociarlo en ésta parcela. No obstante, ha perdido varios de los maíces sembrados por diferentes causas, como las tuzas, el viento y los factores climàticos que impiden el desarrollo adecuado del màiz; y decidió sustituir los espacios de maíz perdidos sembrando flor de cempasúchil amarilla (*Tagetes* erecta var. amarilla), una Asteraceae que también es aprovechada y comercializada por los campesinos de Tecuanipan.

Suelo:

El suelo de la parcela es arcilloso, y comienza a hacerse arenoso en las parcelas vecinas. Se generan escorrentías debido a la lluvia y el tipo de suelo, y se ocasiona erosión y arrastre de sedimentos, por lo que la pérdida de nutrientes y suelo es parte de las problemáticas que existen en la parcela. Ésta problemática puede acentuarse por el uso de tractor para la preparación del terreno, que tiene consecuencias en la estructura y estado del suelo.

Otra problemática presentada es la existencia de tuzas, que comen los cultivos cuando están tiernos o tiran las milpas desde la raíz, provocando huecos en el suelo y pérdida de cultivos.

Manejo:

Armando crea “retenes” cada 10m al igual que en sus otras parcelas para contrarrestar la erosión de los suelos y evitar que se deslaven. Éstos los hace con el pie, las manos o las herramientas artesanales cada que visita su parcela y nota problemas de erosión de suelo.

Como respuesta a la problemática de las tuzas, Armando utiliza el tractor de tres discos o “reversible” específicamente con el fin de crear un espacio incómodo en el suelo para las tuzas, y ahuyentarlas o dificultar que construyan canales y salidas subterráneas en su parcela. Es un método que le ha funcionado los últimos años,

sin embargo también es perjudicial para otras formas de vida en el suelo que son benéficas para su parcela, por lo que es un costo por beneficio.
Semilla: La semilla que utiliza es una de las 5 variedades de maíz que maneja, nativas de la región y también consumidas en Tecuanipan.
Siembra: El maíz rojo es sembrado en forma de monocultivo, sustituyendo los espacios donde la tuza se comió al zacate, por flor de cempasúchil aprovechando la temporada. Al ser pocas flores, la mayoría serán destinadas para autoconsumo. Armando menciona que la flor de cempasúchil antes se sembraba el 10 de Agosto para asegurar que floreara a mediados de octubre, pues el clima era más frío en la temporada de otoño, por lo que el crecimiento y floración de los cultivos era más lenta; sin embargo los últimos años, la floración se ha adelantado y se han perdido cosechas por no salir en la fecha que se comercializa. Las fechas de cultivo han tenido que irse adaptando de acuerdo a los requerimientos del tiempo. “Como campesino, ya sabes las fechas, no necesitabas calendario, sabías cuándo sembrar y cuándo iba a florear. Antes el 10 de agosto sembrábamos todas las flores, pero ahora florean antes y hay que atrasar la siembra, ya no sabes cuándo sembrar” (Armando López, comunicación personal) Actualmente los campesinos siembran después del 10 de Agosto para asegurar una floración más cercana a Noviembre; Armando, por ejemplo, sembró el cempasúchil el 20 de agosto y desde la primera semana de octubre comenzaron a florear. Puede observarse incluso en parcelas vecinas que sembraron más temprano, que ya están listas para cosecharse; por ejemplo uno de sus vecinos, que sembró una parte de su producción con cempasúchil y ya ha perdido rentabilidad su cosecha, pues ésta floreó antes de la fecha que se comercializa a buen precio.
Cultura y tradición La flor de cempasúchil es utilizada en la mayor parte de México desde tiempos prehispánicos hasta la actualidad como un símbolo de las fiestas de día de muertos,

que es una celebración importante en gran parte de las culturas mexicanas. Se utiliza a finales del mes de Octubre y principios de Noviembre, por lo que es únicamente cosechada durante ésta época, además de que coincide con su periodo de floración natural. Ésta tradición ha sido practicada desde las culturas antiguas, pues es conocida como la “flor de los muertos”, que de acuerdo a la tradición indígena, era utilizada como flor aromática para conectar con el inframundo y rendir honor a los difuntos en éstas fechas, que visitan el mundo terrenal. También era utilizada como fuente medicinal y tintura amarilla en los murales.

Además del uso tradicional, en el occidente es utilizada como planta aromática en los sistemas agroecológicos de producción de hortalizas o huertos aromáticos y de polinización. Sus pétalos una vez extraídos, pueden aprovecharse como fuente para la realización de fermentos anaerobios que funcionen como pesticidas orgánicos en el periodo de otoño, para el tratamiento de plagas en los cultivos.

La diversidad de maíces, como el azul y rojo, también representan la variabilidad de colores y usos vinculados al maíz practicados desde tiempos prehispánicos, representados en murales, utilizados en ceremonias, vinculados a deidades e identificados como una fuente de alimento primaria para las culturas antiguas mexicanas.

Tejido social:

Ésta flor es utilizada en varias regiones del país, entre ellas la zona de Cholula, Puebla, y también es indispensable en la comunidad de Tecuanipan durante las festividades de muertos. Ésta es una tradición compartida por varias culturas, que evoca y representa una de las celebraciones más importantes del país, presentada en diversidad de formas, pero manteniendo la esencia de su símbolo, siendo una manifestación de la conservación del tejido social mexicano.

Particularmente, el día de muertos también ha funcionado como un vínculo entre la cultura mestiza mexicana, que ha eventualmente adoptado e incluido ese símbolo en sus celebraciones, y también son consumidores de ésta flor, que es muy valorada también para varias familias.

Algunos ejemplos de su uso tradicional son los caminos y altares para los difuntos, que provienen de las prácticas indígenas prehispánicas, la creación de murales, los ornamentos, los arcos, y el acompañamiento a santos y vírgenes que también son practicados por mestizos pero tienen origen en la tradición mexica.

En Tecuanipan se puede observar la diversidad de usos de ésta flor, así como su consumo en tés como uso medicinal, y la importancia que tiene para las familias de la comunidad, por lo que también forma parte de la relación entre las personas y sus parientes, incluso con aquellos que han fallecido.

Del mismo modo, existe un estrecho vínculo entre el campo y la cultura, y el campo y la sociedad a través de esta tradición, pues se conservan los símbolos y usos que mantienen una relación significada de las personas con la naturaleza, y también rasgos culturales prehispánicos guardados en ésta flor.

El consumo de maíz es casi cotidiano, y sigue formando parte de la base alimenticia de muchos grupos y regiones mexicanas, a diferencia de la flor de cempasúchil que es más eventual por ser representativa de fiestas. Esta práctica también conforma parte del tejido social mexicano e incluso es casi un símbolo emblemático de la cultura mexicana internacionalmente.

Rentabilidad económica:

La siembra de la flor de cempasúchil tiene utilidad económica, pues debido a la importancia que tiene para las familias de Tecuanipan, es común incluirla en la siembra con un destino para el autoconsumo cuando es en pequeñas cantidades, como es el caso de Armando.

Además de ésto, se practica su siembra a mayor escala tanto para su comercialización a nivel local, puesto que existe un alto consumo de ésta flor en la comunidad, así como su comercialización en otras regiones cercanas con una alta demanda y centros comerciales de mayor escala, como son las poblaciones de Nealtican, Santa Isabel, Puebla y Cholula.

El maíz rojo, así como las otras variedades de maíz, es comercializado dentro de la localidad ya procesado, en forma de harinas, pinoles, masas y tortillas. También es comercializado en las regiones aledañas como elote y en las modalidades mencionadas.

Desgraciadamente en muchas regiones se ha dejado de consumir el maíz de colores y se ha sustituído por maíz transgénico importado de Estados Unidos, reduciéndo su diversidad únicamente a maíz blanco y amarillo en una gran parte de méxico. Sin embargo, en Tecuanipan sigue siendo común producir y comercializar éste tipo de maíz, aunque se ve amenazado, pues se ha dejado de producir para el autoconsumo, y esto implica su sustitución por maíz importado, provocando salidas de recursos del sistema y el aumento en las entradas y dependencia en fuentes externas para el consumo y alimento de los pobladores de Tecuanipan, que aún consideran el maíz como parte de la base alimenticia de sus familias, arriesgando también al encarecimiento de sus alimentos y la pérdida o salida de nutrientes de sus tierras al exportar el maíz que producen.

Resumen de problemáticas:

- Uso de maquinaria pesada que perjudica la estructura y vida del suelo
- Falta de asociación y aprovechamiento de los múltiples estratos en la milpa
- Suelo arcilloso y necesidad de compensación del equilibrio en la estructura del suelo
- Erosión de suelo y abono por escorrentías en la lluvia y arrastre del sustrato
- Falta de acolchados vivos o secos como cobertura y estructura en el suelo
- Plaga de Tuzas y pérdida de cosechas atacadas por la plaga
- Floración adelantada del Cempasúchil por causa del cambio climático y pérdida económica por cosecha y venta temprana de la flor
- Incertidumbre entre las fechas de siembra y cosecha de los cultivos por retraso de lluvias y estaciones como consecuencia del Cambio climático
- Pérdida de diversidad en los cultivos y la cocina local de Tecuanipan y homogeneización de la dieta cotidiana local por influencia del mercado global

- Abandono de la siembra de maíz para el autoconsumo y centralización en la siembra para exportación. Salida de recursos ambientales y económicos de la localidad.
- Importación de maíz externo. Riesgo de infiltración de semillas transgénicas, de producción no orgánica y sustitución de la diversidad de semillas criollas por la inducida. Entradas no controladas de recursos a la localidad y dependencia en las fuentes externas para el consumo de alimentos.

SITIO 5: MANEJO CONVENCIONAL

Datos geográficos

Ubicación:

Imágen 5. Parcela Sitio 5 Armando

Imágen Satelital obtenida de Google Earth (2021)

Extensión:

Área: desconocido

Tenencia:

Propietario: Armando

Caracterización

El terreno es monocultivo de amaranto (*Amaranthus sp.*), plantado por surcos de 60cm aprox entre cada uno, donde se plantan diferentes variedades de amaranto (verde, rojo). Dentro de la parcela se encuentran pocas hierbas silvestres y se han removido los árboles nativos y frutales. La semillación del amaranto fue temprana y

por lo tanto, su desarrollo fue incompleto. El suelo se encuentra erosionado y expuesto a la irradiación solar directa debido al tamaño reducido de las plantas cultivadas.

Figura 5. Sistema agroecológico de manejo convencional (Sitio 5) de Armando.

Elaboración propia

Monocultivo de amaranto:

Al igual que la milpa tradicional de maíz, el amaranto se siembra como el estrato más alto de los agroecosistemas tradicionales, sin embargo éste tiene mayor versatilidad y adaptación, pues no requiere la cantidad de irradiación solar que el maíz para desarrollarse, y puede convivir fácilmente con otras especies en los diferentes estratos de la milpa, desde el más bajo hasta el más altos. Debido a su preponderante tamaño generado por el uso de fertilizantes agroquímicos, éste tiende a sobresalir y eventualmente se ha fusionado con las prácticas de la agricultura convencional, volviéndose un monocultivo.

A pesar de ello, éste cultivo es ideal para combinarse con otros fácilmente y forma parte del sistema diverso de milpa tradicional, y ha sido utilizado milenariamente por

distintas culturas prehispánicas debido a la inmensa variedad de semilla que existe en los diferentes climas y alturas de las regiones mesoamericanas, así como su facilidad de crecimiento en tierras poco fértiles, sus propiedades nutrimentales y la versatilidad de usos culinario que ofrece.
Suelo: El suelo del terreno es arcilloso-arenoso, y se encuentra erosionado debido a las prácticas de manejo intensivo y el uso de maquinaria pesada para arar la tierra, así como los agroquímicos aplicados anteriormente y en las parcelas vecinas. El sustrato se encuentra expuesto a la radiación solar directa debido a la ausencia de acolchados verdes o zacate, y presenta una apariencia seca y con poca vida. La plantación se encuentra en forma de surcos, y presenta una ligera pendiente, por lo que existen diferencias entre los espacios provocadas por el arrastre de sustrato consecuente del viento y los escurrimientos pluviales. Existe una necesidad de retención del suelo y protección de su microbiota.
Semilla: Armando maneja las variedades roja y verde del amaranto de tamaño mediano, obtenidas con sus vecinos y manejada como criolla por los campesinos de la región; sin embargo es difícil considerarla pura, debido al bajo control en la polinización de su cultivo, que puede cruzarse con variedades modificadas o inducidas de parcelas vecinas. Armando selecciona la semilla que utiliza y elige las variedades cultivadas en su localidad tradicionalmente.
Siembra: La siembra del amaranto es a finales del periodo de lluvias, durante el último mes o dos meses, para obtener cosecha en diciembre y asegurarse de que la mata esté seca en el momento de “pishcar” la semilla. Puede ser sembrada en conjunto con la milpa o asociación con otros cultivos, sin embargo Armando decidió sembrarla por surcos en forma de monocultivo por la mayor recepción de sol para las plantas. A pesar de las condiciones en las que se sembró el amaranto, este año no logró desarrollarse correctamente, pues su tamaño fue reducido a comparación de años

anteriores, y su semillación temprana. Armando menciona que ésto puede deberse al cambio climático, que altera las lluvias y el sol, y “resfría” a las plantas, dificultando o reteniendo su crecimiento; “el amaranto con mucho sol en el día y mucha lluvia fría en la noche, no crece” (Armando, comunicación personal).

Armando menciona que antes sembraba calabaza, chile y ayocote, en sus parcelas pero muy poco, y ahora no lo hace ya. Esto contribuía a la autosuficiencia en el consumo de alimentos, y mejor resiliencia de los agroecosistemas debido a la asociación de cultivos, su rotación y la variedad de siembras, que mantienen el equilibrio de nutrientes. Sin embargo, no es una actividad que los campesinos cultiven frecuentemente debido a la incertidumbre financiera que representa la siembra de hortaliza, pues los precios del mercado son muy volubles para las verduras e implican riesgos altos de pérdida cuando se invierte en su cultivo.

Cultura y tradición:

El amaranto se considera un superalimento, que contiene minerales como calcio y hierro que ha sido utilizado como parte del consumo cotidiano desde culturas prehispánicas. Éste se utiliza para combatir carencias nutrimentales como la anemia, descalcificación y problemas digestivos, además de fortalecer el sistema inmune y de ser un recurso barato y de fácil adquisición tanto para cultivo como para cuidado y consumo. Actualmente es un alimento fundamental para el combate de la desnutrición en estados mexicanos como Oaxaca.

Además de ello, el amaranto forma parte de la tradición culinaria mexicana, siendo protagonista o acompañante de platillos como el atole, tortillas, galletas, alegrías (dulce típico), palanquetas (dulce típico), tortitas, panes, etcétera. Y es utilizado también en las culturas occidentales para la elaboración de granolas o harinas.

Tejido social:

Armando menciona que los vecinos permiten a otros campesinos tomar parte de su cosecha solidariamente cuando es para autoconsumo, no para comercialización. A veces sus vecinos toman de sus elotes cuando está en tiempo de cosecha, y él de los demás para completar su canasta y se retira. Otra costumbre arraigada en la comunidad es el “motiticheo” que se refiere a el anuncio que hacen los campesinos

después de cosechar lo que comercializarán de sus parcelas, invitando a la comunidad a que se abastezcan de los excedentes como un acto de solidaridad. Esto ocurre frecuentemente con las cebollas por ejemplo, y algunos aprovechan la oportunidad; aunque cuando son muy chiquitas muchos ya no las quieren recibir.

Rentabilidad económica:

A pesar de ser un alimento consumido milenariamente, dentro de la comunidad de Tecuanipan no es parte del consumo cotidiano y no se encuentra valorado a comparación de alimentos como el maíz o el frijol. Las siembras de amaranto son destinadas a la exportación para otros municipios y no es aprovechado por los habitantes de la región. Esto significa una salida de recursos ambientales y económicos de la localidad, pues los nutrientes, abonos, agua, suelo y químicos invertidos en el cultivo no son recuperados como biomasa o alimento, y se trasladan a otros sitios. Además, esto genera una mayor dependencia en los productos importados que podrían ser sustituídos por el amaranto, sumando el costo de transporte que implica su adquisición en fuentes externas, que podría ser reducido al utilizar los recursos locales.

Resumen de problemáticas:

- Interrupción del desarrollo (reducción de tamaño), resfrío y semilla temprana de las plantas de amaranto debido al cambio climático
- Suelos erosionados por lluvia y viento. Falta de retención de suelos por coberturas vivas y acolchados vegetales.
- Irradiación directa del sol en el suelo y pérdida de microbiota o volatilización de nutrientes. Necesidad de aplicación de acolchados.
- Subvaloración del amaranto y sus propiedades en el consumo cotidiano local. Encarecimiento de alimentos por la dependencia en productos importados.
- Concentración de cultivos de amaranto para exportación. Salida de nutrientes y recursos económicos al exterior de la localidad.
- Pérdida de asociación de cultivos y siembra de hortalizas.

SITIO 6: MANEJO MIXTO

Datos geográficos

Ubicación

Imágen 6. Parcela Sitio 6 Armando

Imágen Satelital obtenida de Google Earth (2021)

La parcela se ubica junto a una construcción de uno de los vecinos de Armando, que proviene de Guerrero y compró tierras en Tecuanipan; también de familia campesina, se dedica a sembrar.

Extensión

media Ha

Tenencia:

Dueña vecina de Armando López

La parcela es trabajada a medias, donde Armando se dedica a producir y trabajar

la parcela, y su vecina pone el terreno.

Caracterización

La parcela es monocultivo de frijol de mata de diferentes variedades, sembrada por surcos de 60cm de separación entre sí. Se notan diferencias en la salud y desarrollo entre cada variedad de frijol sembrado. No se encuentran árboles dentro de la parcela, con excepción de un árbol de aguacate de 80 años de edad.

Figura 6. Sistema agroecológico de manejo mixto (Sitio 6) de Armando.

Elaboración propia

Monocultivo de frijol

El frijol de mata sembrado es de tres variedades principales, dos criollas y una importada. Las variedades criollas con el frijol amarillo (Phaseolus vulgaris var. amarilla) y el rojo moteado (Phaseolus vulgaris var. cebra). El frijol importado es la variedad Michigan (Phaseolus vulgaris var. negro michigan), que es una de las variedades estándar más comercializadas en el mercado.

Las variedades amarilla y moteada fueron obtenidas de pueblos vecinos y son

seleccionadas por Armando para mejorar las cualidades genéticas de la mata en cada generación. Éstas presentan mejores signos de salud que la negra, pues cuando están tiernas tienen una coloración verde más vigorosa, más ramificaciones y producción de vainas, tamaño más grande de las matas, hojas y semillas, y mejor desarrollo tanto del ejote (vaina tierna), como de la cacama (vaina verde) y el frijol (vaina seca). Las vainas contienen de 5 a 6 frijoles cada una, y fueron menos plagadas por el chapulín, los hongos y las bacterias que colonizaron la parcela.

La variedad negra, al ser importada, está menos naturalizada, por lo que sufrió una afectación más grave por las plagas y los factores climáticos de Tecuanipan, además de haber tenido dificultades para la asimilación de nutrientes del suelo en su desarrollo, pues presenta un tamaño más chico de mata y de hojas que las dos variedades criollas, tiene menos ramificaciones y por tanto menos producción de vainas, y casi todas las hojas y vainas muestran signos de enfermedad, además de un desarrollo incompleto de las semillas, llevando una producción de 3 a 4 semillas completas y medianas por vaina

Todo el terreno, es decir, las tres variedades de frijol ubicadas dentro de la parcela, son nutridas con la misma cantidad de abono de corral y fertilizante químico, y las tres variedades presentan signos de enfermedad en sus hojas y vainas, debido a una *bacterosis* general común que atacó la parcela por falta de nutrientes y simbiosis con otros microorganismos y plantas que protegieran de la plaga, además de la plaga de chapulín; sin embargo, las matas de semilla criolla tuvieron más resistencia y resiliencia a la enfermedad que la semilla importada, al estar más naturalizadas.

Esto puede resolverse a través de la adición de abonos naturales y biopreparados, así como la asociación con otros cultivos que protejan a la mata de frijol y hagan simbiosis con ella. Del mismo modo, utilizar técnicas de conservación de la vida en el suelo, como es la adición de microorganismos y la protección con acolchados, permite una mejor asimilación de nutrientes y protección a enfermedades bacterianas u hongos patógenos.

Suelo

La parcela tiene una pendiente casi llana, por lo que no presenta mucha erosión de suelo, ni manifiesta necesidad de retenes, por lo que el manejo es más sencillo que en otras parcelas con un poco de pendiente (por ejemplo el sitio 1). Sin embargo, el suelo tiene pocos nutrientes, probablemente debido al uso anterior de agroquímicos, y la práctica de agricultura intensiva sin rotación o descansos.

El manejo que Armando da al suelo de la parcela es mixto, abonando con excretas de borrego y fertilizantes químicos, sin embargo éste año hizo falta nutrientes, lo cual afectó la calidad de la cosecha y su rendimiento. El abonado natural (abono de corral o gallinaza), implica una inversión en transporte, pues se lleva en camiones del corral a la parcela, por lo que muchos campesinos prefieren no aplicarlo, pues el fertilizante puede transportarse en camioneta o auto, y aparentemente es más rentable. Sin embargo, a largo plazo, los fertilizantes erosionan la parcela y la vuelven dependiente de los químicos, por lo que en realidad no es rentable. Una vez erosionada la tierra, muchos campesinos aplican gallinaza como medio de recuperación, y posteriormente continúan aplicando fertilizante químico.

Cuando es posible y rentable, Armando aplica abono natural, en especial si se trata de sus parcelas, pero cuando renta o el trabajo es a medias, es difícil sustentar los costos de transporte del abono, por lo que utiliza fertilizantes químicos. La ventaja de las parcelas de poca o nula pendiente, como ésta, es que el abono es difícilmente erosionado, por lo que es viable y útil abonar con gallinaza o abono de corral. Además de esto, si se utilizan métodos de retención de suelo como son los árboles, hierbas en los límites del terreno, retenes y policultivo, la aplicación de abono es más efectiva.

Armando menciona que lo ideal sería la aplicación de composta, más que de abono de borrego o corral; sin embargo la composta ocupa el doble de espacio que el abono de corral (pues es la combinación de abono con paja o zacate), por lo que no es rentable o conveniente debido a su transporte en camiones hacia las parcelas, por lo que prefiere aplicar directamente el abono de corral y la hierba picada del deshierbe directamente en la parcela, y que se composteé por sí solo dentro de la

parcela, ahorrando la mitad del transporte y aplicando la misma cantidad de nutrientes, aunque no haya mucho control sobre el proceso de compostaje, su humedad, o la probabilidad de enfermedad en las semillas y plantas sembradas, por la aplicación directa de excretas sin degradar. Ante esto, Armando tiene un método de prevención, que es el proceso de precomposteo durante algunas semanas o días para el abono de corral, antes de ser aplicado en la parcela.

Semilla

Armando utiliza tanto semillas criollas (amarilla, cebra y ayocote) como variedades importadas (negra), pues las primeras se venden a un precio más caro y son más consumidas en los mercados regionales, y la segunda es más barata para el consumidor, menos costosa en su producción y fácilmente comercializable, pues entra dentro de los productos estandarizados por el mercado.A todas las semillas les da el mismo manejo, las selecciona según sus cualidades, y procura mejorar su genética cada siembra.

Siembra

La siembra y la preparación de la tierra se realizan con tractor, sin embargo el deshierbe se realiza manualmente, cada dos meses, pues la hierba coloniza la parcela en un mes y crece en el segundo, por lo que son necesarios al menos tres deshierbes durante el ciclo de crecimiento del frijol (seis meses), una en la siembra, otra en el desarrollo, y la tercera un poco antes de la cosecha (cuando ya hay cacamas).

El no deshierbar en los tiempos determinados, tiene consecuencias en el rendimiento del cultivo, pues existe competencia de nutrientes entre las hierbas silvestres y las matas sembradas, provocando un menor tamaño menor de las matas, vainas y semillas y una reducción en la producción de frijol. También es un problema importante al trabajar la cosecha, pues el dejar que las hierbas crezcan más de un mes, provoca que rebasen el tamaño de las matas de frijol, y les tapen el sol, por lo que que quedan escondidas y se enferman, se marchitan por falta de luz solar o simplemente son difíciles de encontrar al momento de la cosecha e implica más tiempo, trabajo y esfuerzo, además de un márgen de pérdida por las matas que no fueron detectadas, pues la cosecha es manual.

En las parcelas de Armando, pueden observarse las diferencias, pues en una fue deshierbado el terreno (sitio 6) y en otra no hubo tiempo de deshierbar (sitio 2), por lo que el esfuerzo de cosecha fue distinto. En ocasiones, no es posible deshierbar debido a los costos. La hierba cortada se aprovecha para alimentar a los animales de corral, pues es fuente de nutrientes y alimento fresco para varios animales. Esto sucede especialmente en las parcelas recién deshierbadas o en las que no se pudo deshierbar; sin embargo la cantidad de hierba es mucha para ser transportada y aprovechada en su totalidad por los animales, además de volver costoso el proceso, por lo que al desenhierbarla usualmente se dejan la mayoría de los restos picados dentro de la misma parcela como abono vegetal natural y al mismo tiempo como acolchado, y sólo se utiliza una pequeña porción para el alimento de animales.

Tanto la cosecha como el deshierbe se realizan en la mañana antes de que salga el sol, comenzando entre las 5am y las 8am el trabajo. El día de cosecha o deshierbe se elige cuando hubo lluvia la noche anterior o rocío en la mañana, pues la sombra y humedad vuelven tiernita y flexible a la planta y la raíz, incluso cuando ya está seca, y facilita arrancarla del suelo. Cuando sale el sol o no está húmeda la tierra y la planta, ésta se quiebra y la raíz queda enterrada en el suelo, o se caen las vainas y se pierde cosecha, pues ésta se realiza rápido y al ser extensiones de terreno amplias, no da tiempo de hacer la tarea de revisar las vainas caídas. Es por esto, que se debe procurar arrancarse lo más húmedas posibles, sin el sol.

La hierba fresca es la que se da como alimento a los animales, sobre todo, cuando está recién deshierbar, y la seca también pero usualmente se utiliza como zacate molido para abono y acolchado de la parcela. Arar la tierra, además de deshierbar, permite la infiltración y retención de humedad, por lo que es una práctica que va de la mano con el deshierbe, que a su vez contribuye a la conservación de la estructura en el suelo junto con la labranza de la tierra.

Cultura y tradición

Armando comenta que usualmente, sus vecinos queman la hierba o la tiran para que “no les estorbe” en la parcela, como una práctica tradicional en la agricultura

industrializada o convencional. Normalmente, en las parcelas donde se practica el policultivo o el sistema de milpa con frutales, que es el originario de Tecuanipan, esta quema no se realiza, sino que se pica la hierba y las ramas podadas o enfermas de árboles, y se dejan en el suelo a que se degraden naturalmente, para abonar y acolchar el suelo de la parcela, así como retirar las plagas y enfermedades de los cultivos infectados, evitando que se extiendan en el árbol o planta.

Tejido social

En una ocasión, un vecino de Armando que siembra en monocultivo, dejó descansar mucho tiempo su parcela y tenía mucha hierba, por lo que al cortarla tuvo un montón enorme de materia orgánica. Éste vecino practicaba la quema, sin embargo Armando en esa ocasión le recomendó esparcir la hierba picada en la parcela como abono y cobertura para ahorrar la inversión en abono natural, y el vecino lo espació en una zona. Los resultados pudieron visualizarse inmediatamente, el primer año que cosechó, en las zonas donde aplicó la hierba y la diferencia con el resto del terreno donde cultivó sin acolchado.

El rendimiento de su parcela incrementó, así como la calidad de sus cultivos y cantidad de cosecha, que puede compararse con las zonas donde no aplicó la hierba picada. Desde entonces ha repetido el proceso, y los vecinos se han contagiado de la intensión, pues son saberes que se comparten en comunidad de boca en boca y, a partir de la práctica, es como se recuperan estos modos de vida y formas de producción más alineadas al ambiente, como es el aprovechamiento de la hierba como abono y acolchado, estrategia utilizada originariamente desde los ancestros como técnica de manejo en el sistema de milpa originario de Tecuanipan.

Tecnología

Para la siembra de frijol y preparado de tierra se utiliza tractor; mientras que para para el deshierbe y cosecha, se realiza manualmente. El trillado del frijol (picado de la mata y separación de la semilla) se realiza de forma artesanal, colocando en montes las matas secas recién cosechadas sobre una lona o manta; posteriormente se dejan secar al sol por un día y se golpean con un palo o se aplastan con caballo, burro, camioneta o tractor hasta pulverizarse. Una vez aplastado, se separa con cribas y viento el zacate molido (que sirve de acolchado) de la semilla, y ésta se

transporta en costales a otro sitio, donde es limpiada manualmente y empaquetada para su venta.

Para el abonado, se utilizan camiones como transporte del abono precomposteado del corral hacia la parcela, y es aplicado manualmente por los campesinos, regando los costales de abono en los surcos y posteriormente cajoneando para que se integre con la tierra y quede en el fondo del surco como nutriente para la semilla y se composteé dentro del mismo suelo eventualmente.

Rentabilidad económica

Sembrar diferentes variedades de frijol tiene utilidad, pues las semillas criollas son más caras, tienen mayor rendimiento y producción de tamaño más grande, y se venden más caras en el mercado, por lo que representan un mayor ingreso; mientras que las semillas importadas, son ingreso seguro debido a su fácil, rápida y poco costosa inversión, su fácil comercialización y la poca inversión que se realiza para su siembra, por lo que ambos tipos de variedad se complementan y contribuyen a la economía de las familias campesinas.

La producción de frijol se puede calcular multiplicando el número de frijoles por vaina, por el número de vainas que produce cada mata en cada variedad, y el resultado multiplicarlo nuevamente por el número de matas sembradas por surco, y la cantidad de surcos en la parcela. Esto es posible sacando un promedio de vainas por mata, pues son bastante homogéneas y es cercana la producción entre matas de la misma variedad.

El mismo cálculo puede realizarse para el costo del abono por parcela y la cantidad necesaria, multiplicando el número de surcos por ⅓ de costal de abono. Esto permite también cotizar la cantidad de mano de obra necesaria para la siembra y preparado de tierra, así como el transporte y trabajo necesarios para la aplicación de costales de abono. La mano de obra necesaria para el deshierbe y la cosecha se calculan con base enl tamaño de la parcela, al igual que el tiempo de renta de maquinaria, como el tractor o la yunta. El cálculo de la semilla necesaria para sembrar (y por lo mismo, de la cosecha apartada para semilla) se calcula de acuerdo

al espacio de la parcela.

Armando no siempre calcula los costos, porque ya conoce o estima la mano de obra necesaria, así como el abono con la experiencia que tiene cultivando, además de que tanto Juan como Armando mencionan que es muy relativo el cálculo principalmente de la cosecha y el abono, pues los factores ambientales, las plagas y la fertilidad del suelo en cada parcela pueden modificar los resultados reales, tal como pasó en la parcela de amaranto de Juan, donde hubo pérdidas totales de la cosecha por el viento, o en ésta parcela de frijol de Armando, pues sus frijoles se enfermaron y tuvieron un rendimiento entre el 60% y 80% de lo esperado, y hubieran requerido más abono de lo calculado para tener cosecha completa.

El uso de agroquímicos está vinculado al control de estos factores, y por ende, a la disminución en el margen de error en el cálculo de costos y cosecha, pues los agroquímicos permiten tener mayor control sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos a corto plazo; sin embargo esto tiene costos ambientales que no son contemplados y afectan a largo plazo en el rendimiento y resultados de la siembra, y vuelven a la parcela dependiente de cada vez mayores cantidades de agroquímicos. Los efectos a largo plazo son daños en la fertilidad del suelo, la infiltración de agua y la ausencia de microorganismos que contribuyen a la disponibilidad de nutrientes en el suelo, entre otros.

Para una Ha de hortalizas, por ejemplo, se utilizan aproximadamente 8 costales de 50kg de sulfato (fertilizante) o insecticida, con un costo de $500 cada costal, por lo que se realiza una inversión de $4000 por parcela, mas la mano de obra necesaria para la siembra (5 personas), aplicación de abono (5 personas), deshierbes (5 personas, 3 veces) y cosecha (5 personas), que se cobra por jornada (350 la jornada), siendo un total de $10,500 por la mano de obra en una Ha, mas la inversión en fertilizantes o el transporte del abono, y el costo del tractor o caballo ($100 la hora, por 4hr de trabajo), que es de $400 aproximadamente. Esto significa una inversión total de casi $15,000 por parcela en la siembra convencional. Cuando se pierde la cosecha por factores ambientales, cambio climático o erosión del suelo, es una pérdida impresionante de dinero.

Otro factor que afecta a los cultivos indirectamente, es la contaminación que viene de la ciudad de Puebla, que es arrastrada por el viento a la comunidad de tecuanipan e influye en el desarrollo y floración de las plantas, casi tanto como el cambio climático, y es un factor que no puede controlarse, al igual que el retraso de lluvias, el granizo, y las olas de calor, causados por el cambio climático también, que pueden tener efectos graves en los cultivos o dañarlos completamente.

Resumen problemáticas

- Incertidumbre en la cosecha y pérdida de cosechas debido a plagas, contaminación, fenómenos meteorológicos (retraso de lluvias, lluvias torrenciales, granizo, heladas, olas de calor), cambio climático, viento, suelo erosionado, etc
- Dificultad de cálculo de costos y resultados debido a la influencia y variabilidad de factores ambientales externos.
- Crecimiento rápido de hierbas y necesidad de mano de obra para deshierbe frecuentemente
- Quema de hierbas debido a ignorancia o pérdida de costumbres de manejo y conservación ambiental y de suelo, originarias de Tecuanipan
- Bacterosis común en el frijol y plaga de chapulín afectan el desarrollo de la mata y su rendimiento
- Dependencia en agroquímicos a largo plazo para la producción y aumento de costos
- Costo extra por transporte de abonos naturales o composta, baja rentabilidad de manejo orgánico

SITIO 7: MANEJO TRADICIONAL

Datos geográficos

Ubicación

Imágen 7. Parcela Sitio 7 Armando

Imágen Satelital obtenida de Google Earth (2021)

Las parcelas en esta zona se encuentran divididas por árboles frutales en los límites, cuya cosecha es compartida por ambos lados de la hilera.

Extensión

media Ha

Tenencia

Armando López es el propietario de la parcela

Caracterización

Policultivo de amaranto sembrado en surcos de 60cm de distancia entre sí, con

algunos árboles frutales en los límites de la parcela e hileras. El manejo de la parcela es tradicional, utilizando abono de corral y acolchado de hierba y zacate picados, que resultan del deshierbe y la cosecha de amaranto.

Figura 7. Sistema agroecológico de manejo mixto (Sitio 7) de Armando.

Elaboración propia

Amaranto

El amaranto es monocultivo y Armando maneja dos variedades al igual que sus vecinos, el amaranto rojo y el verde. Esos son destinados a comercialización, debido a que son uno de los cultivos más rentables en la región, además de ser altamente consumidos en las comunidades vecinas.

Árboles frutales

Los árboles frutales se encuentran en los límites de la parcela y tienen la función de dividir las propiedades, como de retener suelo. Tanto Armando como su vecino pueden cosechar del mismo árbol. Otro uso que le dan al árbol es la sombra para descansar, además de que éstos aportan a la captura de carbono en el suelo, la

conservación de sustrato y la retención de humedad.
Suelo El suelo de ésta parcela, al igual que en la anterior, tiene poca pendiente, por lo que existe poca erosión de suelo y su manejo es poco, pues no es necesario aplicar retenes o barreras vivas en los límites del terreno. Para nutrirla, Armando agrega abono de corral precomposteado tanto en el amaranto como en los árboles frutales, además de agregar la hierba picada resultante del deshierbe, que sirve como abono vegetal y acolchado sobre el abono ya integrado con la tierra. La labranza, abondo con excreta de borrego (contiene carbón), el abono y acolchado vegetal y la presencia de árboles, ayuda al aporte de carbono al suelo y la conservación de humedad, además de proteger la vida del suelo y nutrir a las plantas sembradas.
Semilla La semilla que Armando utiliza es compartida por varios vecinos y entre pueblos, es criolla, por lo que está naturalizada y por lo tanto es resistente y resiliente a los factores ambientales, además de dar un buen rendimiento y productividad de semillas sanas. El único riesgo es que la planta puede crecer muy alta, por lo que la siembra debe manejarse con cuidado para evitar que ese factor implique una pérdida de cosecha a causa del viento.
Siembra Armando compartió la semilla con su vecino, que también sembró amaranto este año. Ambos realizaron la siembra el mismo día, con las mismas técnicas y herramientas de labranza (tractor y a pie), la misma semilla y la misma cantidad de deshierbes. La siembra de ambas parcelas es de temporal. Los dos decidieron aplicar abono natural; no obstante, hubo una única diferencia entre ambas siembras, que fue el tipo de abono que aplicaron. El vecino de Armando utilizó gallinaza (excretas de gallina con paja y hierba picada) mientras que Armando aplicó abono de corral (excretas de borrego con hierba y paja picada). Ambas parcelas desarrollaron la flor y semilla de forma muy similar y en los tiempos adecuados, pero al compararlas, las plantas de su vecino son mucho más altas que las de él, aunque el desarrollo en el resto de las características de la mata sea igual.

Con base en las observaciones dadas, Armando parte con la hipótesis de que la gallinaza es un “abono rápido”, es decir, que es asimilado y aprovechado por las plantas inmediatamente, y los resultados se visualizan el mismo año que se aplicó; mientras que el abono de borrego es un “abono lento”, osea que se descompone en periodos de tiempo más largos, y tiene influencia en las propiedades del suelo y el rendimiento de los cultivos a largo plazo, por lo que el resultado de su aplicación puede observarse paulatinamente con el paso de los años en los cambios de las propiedades del suelo y el aumento progresivo de la salud y productividad de los cultivos, y es acumulativo, a diferencia de la gallinaza que es inmediata.

La hipótesis de Armando puede ser correcta, debido a que la gallinaza contiene más nitrógeno que el abono de borrego, que es un nutriente básico que las plantas usan para su crecimiento, y se asimila fácilmente; mientras que el abono de borrego y rumiantes contiene más carbono, por lo que su descomposición es lenta y aporta más a la estructura del suelo y microorganismos, que al crecimiento de las plantas.

Esto puede distinguirse en el mismo olor de las excretas; las excretas con mayor cantidad de nitrógeno tienen un olor penetrante, a diferencia de las excretas con mucho carbono, de olor ligero o nulo.Ambos tipos de abono son útiles y necesarios dentro del agroecosistema, como parte del equilibrio de nutrientes del suelo; cuando existe un balance entre nitrógeno y carbono, se maximiza la disponibilidad y asimilación de nutrientes para las plantas y microorganismos, por lo que se le aconseja a Armando aplicar ambos abonos, turnándose cada año.

Cultura y tradición

Una de las cualidades que puede observarse en Tecuanipan y que está más remarcada que muchos de sus pueblos vecinos, es la preocupación por la tierra, que se conserva en las prácticas originarias de siembra, la cocina y la lengua Náhuatl; razón por la que aún quedan varias parcelas con milpa, árboles frutales en medio o en los límites y relictos de bosque además de la vegetación riparia, por lo que es un sitio con potencial de restauración cultural y ambiental.

Tejido social

Uno de los motivos por los que Armando decidió emigrar, fue su decisión por

construir su futuro, pues aunque su familia es de campesinos, no sabía si sus padres le iban a heredar una parcela o no, por lo que tendría que trabajar para conseguirla. Su primer trabajo fue en ciudad de México, a la edad de 16 años, donde tuvo diferentes empleos, y después decidió regresar a Tecuanipan, al haber adquirido experiencia.

Posteriormente, a la edad de 21 años, trabajó en Estados Unidos, sin saber el idioma al inicio, durante 8 años, donde completó su educación formal, conoció otras culturas y aprendió a conducir, y hablar y escribir inglés. Fueron años de mucho esfuerzo, estudiar y trabajar era complicado, pues tenía que sostenerse a sí mismo sin tener familia allá, y ahorrar para su regreso. Después de un tiempo decidió regresar a México, e invertir lo ahorrado en parcelas para producir alimentos. Al mismo tiempo, sus padres le heredaron otras parcelas de la familia.

Actualmente, vive feliz como campesino, reproduciendo los saberes de manejo orgánico que conoce y son rentables, y buscando cuidar el ambiente, su familia, los alimentos que produce, y su trabajo. Su ejemplo sirve de motivo para otros campesinos vecinos a sus parcelas, quienes han aprehendido y se han apropiado junto con él de técnicas que sus ancestros practicaban, conservando, transmitiendo e intercambiando los saberes de Tecuanipan en la siembra y en sus familias.

Tecnología

Para la siembra y preparación de la tierra se utiliza tractor tanto en la parcela de Armando, como en la de sus vecinos. El deshierbe, cajoneo y capado son a mano. La cosecha se realiza con machete y cegadora una vez seco el amaranto, y se transporta hacia otro pueblo para ser comercializado y tronado.

Rentabilidad económica

El utilizar la hierba y zacate picados representan un ahorro en abonos, pues ya sirven como abono verde y además acolchado. El uso de las excretas animales para abonar, y de las hierbas para alimento de animales, permite un ciclo cerrado de nutrientes, por lo que el flujo es cíclico y no se pierden tantos recursos en ese proceso. Sin embargo implica una inversión en transporte tanto del abono como de las hierbas, que se refleja en un costo. La mano de obra y la maquinaria también

representan un costo, sin embargo la ganancia es mayor que con otros cultivos.

La compra de terrenos que realizó Armando con sus ahorros por trabajo en Estados Unidos, le permiten realizar un manejo tradicional en sus parcelas, procurando la regeneración del suelo y su fertilización a largo plazo, lo cual le asegura rendimiento en siembras futuras, y es una inversión que se reflejará en los resultados de sus siembras, a diferencia de los terrenos rentados o a medias, donde tiene que adaptarse a las condiciones del terreno y los acuerdos con el dueño, que muchas veces significan el uso de agroquímicos que erosionan el suelo, y la siembra en suelos infértiles ya afectados por la agricultura intensiva aplicada por otros campesinos en el mismo terreno, por lo que la renta se vuelve una inversión cada vez más costosa en términos de insumos (fertilizantes y agroquímicos).

Tener sus propias tierras y abonarlas naturalmente es una inversión que se convertirá en un ahorro a largo plazo, de trabajo, insumos y un aumento en las ganancias. Al mismo tiempo, le permite experimentar y realizar la siembra con los métodos que mejor le acomoden, pues en las parcelas rentadas muchas veces debe acomodarse a las técnicas convencionales o las que el dueño de la parcela permite, y el manejo tradicional a veces resulta más costoso, pues el transporte de abono y hierbas es un costo que no se reflejará en los resultados a corto plazo, y por lo mismo es una inversión que no dará ganancias al señor Armando, aunque sí al dueño de la parcela.

Resumen problemáticas

- Renta de tierras de agricultura intensiva y extensiva con manejo convencional
- Crecimiento muy alto de las plantas de amaranto con los vientos fuertes de Tecuanipan
- Inversión costosa y poco rentable en los abonos naturales y acolchados cuando la parcela es rentada o a medias
- Necedad de algunos vecinos campesinos de utilizar métodos convencionales en los terrenos que rentan a otros

SITIO 1: MANEJO TRADICIONAL

Datos geográficos

Ubicación:

El terreno se encuentra dentro de Santa Isabel Cholula, dentro de la zona de cultivo. Colinda con otras parcelas de producción agrícola y caminos de terracería. Se encuentra ubicado a 200m de la carretera más cercana que comunica a la comunidad de San Martín Tlampa, y a 350m de la carretera que comunica hacia San Jerónimo Tecuanipan. Las coordenadas del terreno son 19°00'14"N 98°24'35"W.

Imágen 8. Parcela Sitio 1 Juan Ocelotl

Imágen Satelital obtenida de Google Earth (2021)

La parcela se encuentra en la zona del valle, a 1 km de la población más cercana, que es la comunidad de San Jerónimo Tecuanipan.

Extensión:

La superficie total de la parcela es de 13,300m², es decir 1.3 Ha, y su perímetro es de 500m.

Tenencia:

Propietario: Papá de Juan Ocelotl

Caracterización

El terreno es policultivo, plantado por surcos de 60 cm aproximadamente entre cada uno, donde se plantan 5 variedades de maíz, mas no están asociados a otras plantas tradicionalmente sembradas en la milpa. También se observa la presencia de al menos 20 especies diferentes de árboles frutales, ubicados en hileras salteadas en la milpa, separadas por 20m entre sí. Del mismo modo, se encuentran a lo largo de todo el terreno hierbas silvestres de gran tamaño, algunas con usos medicinales y culinarios, pero que no son asociadas al cultivo ni aprovechadas por Juan o su familia para consumo, sino para la protección de la parcela.

Imágen 8. Parcela Sitio 1 Juan Ocelotl

Sitio 1. Caracterización del sistema de manejo tradicional.

Elaboración propia
Maíz: La parcela tiene extensión suficiente para sembrar las 5 variedades de maíz que maneja la familia de Juan, segmentados por áreas y sembrados en temporalidades distintas, con un manejo de agricultura de temporal, es decir, en tiempo de lluvias. A pesar de tener acceso al río de la comunidad, no lo utilizan para el riego de sus cultivos debido a que son aguas negras, y no quieren contaminar su hortaliza, y no tienen acceso a los pozos de agua subterránea porque son propiedad de otro municipio. Se utiliza el tractor para la preparación de la tierra, y se siembra con ayuda de jornaleros y caballo. No asocian el maíz con sus dos hermanas, el frijol y la calabaza porque es mucho trabajo para su papá. La siembra es el 20 de mayo y la cosecha a finales de agosto, y está destinada para alimentar a los animales de corral que pertenecen a la familia de Juan.
Árboles frutales: Dentro de la parcela se encuentran entre 80 y 100 unidades de árboles frutales y nativos de diferentes edades. De estos árboles, se manejan 20 variedades aproximadamente, entre ellas las más relevantes son el durazno, ciruela, aguacate criollo, aguacate verde, aguacate Hass, tejocote, limones, manzana, pera y chirimoya. Los árboles llevan un manejo tradicional; están separados a 5m entre sí y son nutridos con abonos naturales de origen animal, además de la misma biomasa producida por las caídas de hojas, frutos y hierbas. Muchos de los árboles encontrados en la parcela fueron sembrados por generaciones anteriores, como el abuelo de Juan o que incluso eran nativos de ahí antes de cambiar el uso de suelo de la parcela de vegetación originaria a agricultura; existen aguacates y encinos de 40, 80 o hasta 150 años de edad. Los árboles más jóvenes son frutales, muchos de ellos injertados de 8 a 12 años, sembrados por Juan o su padre, y otros recién nacidos.

De los árboles recientemente sembrados, algunos duraznos han muerto, pero crecen rebrotes junto, no de semilla, sino del mismo rizoma, que también son cuidados y mantenidos por la familia de Juan. También hay brotes de encino nativo que nacieron sin la intervención de la familia de Juan, pero que conservan dentro de la parcela como parte del sistema. Los cultivos injertados más importantes de la parcela son la ciruela (injertada en durazno), Aguacate verde (injertado en aguacate criollo) y Aguacate Hass (Injertado en aguacate criollo).

Algunas de las problemáticas encontradas en los árboles de aguacate criollos e injertados es la plaga de Agallas, presente en muchos árboles de la región; sin embargo no es muy pronunciada en la parcela de Juan. La familia de Juan ha identificado que no es una plaga grave que afecte al fruto del aguacate y suelen dejarla terminar su ciclo. Cuando realizan manejo de intervención, aplican abono a la raíz del árbol como técnica preventiva y de mitigación, para aumentar la resistencia y resiliencia del árbol hacia la plaga y la ahuyente, mas no aplican plaguicidas orgánicos o químicos.

Hierbas silvestres:

A diferencia de otras parcelas, la familia de Juan no practica el deshierbe, sino que deja crecer a tope las hierbas que crecen de forma silvestre en la parcela como un mecanismo de protección de los cultivos, pues evita la entrada de animales que estropeen la siembra y de humanos que roben las cosechas. Anteriormente practicaban el deshierbe, pero tuvieron experiencias de saqueo y perdieron cosechas debido a los robos de frutas y elotes en su parcela, por lo que decidieron implementar este mecanismo para aparentar abandono de su parcela, bloquear la vista de los ladrones al interior de la parcela, ocultar las cosechas y dificultar la entrada de agentes externos en general.

A pesar de tener un uso potencial culinario y medicinal, la familia de Juan no consume ni comercializa las hierbas silvestres de su parcela; éstas cumplen más bien una función ecológica y preventiva al proveer servicios ambientales como retención de suelo y humedad, termoestabilidad, protección a la erosión de suelos por aire y agua y atracción de polinizadores o insectos benéficos para la parcela; y

también como barrera natural o mecanismo de protección ante la entrada de animales que dañen los cultivos o humanos que roben las cosechas.

Suelo:

El suelo se encuentra abonado debido a la constante biodegradación natural de hierbas y la aplicación de abonos de corral en la parcela (excretas de borrego, gallina y rumiantes). Además, el crecimiento de hierbas silvestres aporta a la retención de suelo y humedad, por lo que no existe pérdida fuerte de nutrientes por arrastre de sustrato a comparación de otras parcelas que no tienen manejo de erosión de suelos hídrica o eólica.

Las cosechas de la parcela, así como el zacate obtenido están destinados para el consumo de los animales de corral de la familia de Juan, que es de donde se obtienen los abonos naturales aplicados en la parcela, por lo que se presenta un ciclo cerrado de nutrientes. Además de ello, Juan agrega Urea como fertilizante químico en la parcela debido a la existencia de árboles frutales que implican un aporte de nutrientes mayor que el resto de los cultivos. Esto puede ser sustituído por la aplicación directa de orina humana o animal en los árboles para transitar a un manejo completamente orgánico.

Semilla:

La familia de Juan maneja 5 variedades de maíz (blanco, amarillo, cacahuazentli, rojo y azul) de las cuales seleccionan la semilla cada cosecha.

Siembra:

La parcela se encuentra segmentada en 5 espacios, uno para cada variedad de maíz. La siembra se realiza en temporalidades distintas entre cada especie, para evitar cruzas entre variedades y por lo tanto semillas infértiles (lo híbridos tienden a tener baja fertilidad en generaciones posteriores). El cultivo se reparte con surcos, dejando espacio de 30cm entre cada semilla sembrada, y se procura sembrar uno o dos granos por intervalo. Entre los surcos se encuentran tres hileras a los largo de la parcela con árboles frutales.

Una problemática muy fuerte detectada en la parcela es el derribamiento de las matas de maíz por viento y lluvia, y la destrucción de cultivos por el granizo, que puede ocasionar incluso pérdidas totales de la cosecha, especialmente con los efectos cada vez más adversos del cambio climático. Para ello es necesario combinar el maíz con otras especies que funcionen como barrera natural contra vientos y como refuerzo del maíz, sin embargo los árboles frutales no han sido suficiente para resistir estos fenómenos y es difícil utilizar cercos vivos en los márgenes de la parcela, tanto para el viento como para la problemática anteriormente mencionada (robos y saqueo de cosechas), debido a que los vecinos de Juan aplican herbicidas en sus parcelas, que matarían cualquier planta que se ubique alrededor de su parcela.

Otra problemática identificada es la plaga de tuzas. Para el manejo de ésta plaga, que son depredadoras de los cultivos sembrados, Juan añade montones de abono alrededor de la parcela, que sirven de alimento para la tusa y reduce su impacto en los cultivos.

Cultura y tradición:

La asociación de árboles frutales con la siembra de maíz es parte de la milpa tradicional, que se caracteriza por ser un ecosistema diverso de las culturas prehispánicas con estratos similares a lo que actualmente se denomina un bosque comestible. La parcela de Juan tiene tendencia a estas características, al ser policultivo, utilizando las variedades criollas de maíz que han sido heredadas y seleccionadas por su familia durante generaciones, y utilizando árboles frutales nativos o naturalizados en la comunidad, que son consumidos y comercializados por los y las habitantes como costumbre.

Tejido social:

El vínculo entre la naturaleza y la sociedad radica incluso en los colores, como es el caso del papá de Juan, que cultiva maíces de colores por el gusto que tiene de su apariencia, además de los distintos sabores y usos que se le atribuyen a cada variedad. Esto es una demostración de la simpleza y sutileza de la relación con la naturaleza, que está presente en las prácticas e identidades sencillas y cotidianas, y construyen un vínculo significado entre lo otro y los otros. Lo mismo sucede con

la herencia de conocimientos entre generaciones, como son las enseñanzas de manejo que ha transmitido el papá de Juan a él, y actualmente forman parte del manejo alternativo que Juan realiza en la parcela.
Tecnología: Para la siembra se utiliza tractor, ya que al ser una parcela tan grande, es difícil y mucho trabajo para pocos campesinos el utilizar la Yunta en el arado de tierra.
Rentabilidad económica: El cultivo de maíz para el consumo de los animales de corral es poco rentable, pues termina “en tablas o ceros” una vez terminado el ciclo; sin embargo constituye un ahorro para las familias al producir la cría de sus animales, considerando los gastos de transporte y utilidades que se añadirían al precio de alimento si se adquieren de fuentes externas. El manejo de ciclo cerrado que se realiza en la parcela, utilizando el abono de los animales para la parcela, y las cosechas de la parcela para alimento, garantiza una mejor administración de recursos para la producción y omisión de “gastos hormiga” como la traslación de materiales. El aprovechamiento de los árboles frutales, especialmente los de aguacate, constituye un ingreso favorable para la familia de Juan, por lo que enfocan su manejo a este cultivo, que es fácil de mantener, demandado por el mercado e implica menos recursos y brinda cosechas anuales abundantes. La inversión en árboles frutales es una opción considerable tanto para el autoconsumo como la comercialización de las familias campesinas, pues representa poca inversión, ingresos notables y practicidad, además de la oferta de servicios ambientales que implica el tener árboles en la parcela. Juan menciona que casi no se cultivan verduras porque la inversión es incierta, y casi siempre es financiada por los familiares que estén en Estados Unidos. Un campesino que invierte en hortaliza es porque tiene ingreso seguro de su familia que ha migrado, si pierden, no se arriesgan a quedar pobres, a diferencia de los que el campo es su único ingreso, con quienes sí sería una inversión muy arriesgada.

Resumen de problemáticas:

- Incertidumbre en la inversión en hortalizas (verduras)
- Campesinos sin seguridad financiera, necesidad de migrar a E.U. para obtener ingresos seguros.
- Poca rentabilidad de la producción de maíz para consumo de animales de corral, incluso siendo un ciclo cerrado y retornable.
- Dificultad de utilizar la Yunta para el arado
- Uso de tractor para la preparación del suelo.
- Plaga de Agalla en los árboles de aguacate
- Poco aprovechamiento de asociación de cultivos y estratos en la milpa
- Factores ambientales (lluvia, viento y granizo) amenazantes para el manejo y supervivencia de los cultivos
- Plaga de Tuza y pérdida de cosechas
- Saqueo y robo de cosechas de elote y frutales en la parcela
- Riesgo de hibridación o cruza entre variedades de maíz, necesidad de control y monitoreo del manejo y temporalidad de siembra
- Potencial de aprovechamiento medicinal y culinario de las hierbas silvestres crecidas dentro de la parcela como mecanismo de protección
- Falta de acceso a riego de agua limpia
- Adición de fertilizantes químicos que erosionan el suelo, como la urea

SITIO 2: MANEJO CONVENCIONAL

Datos geográficos:

Ubicación:

Imágen 9. Parcela Sitio 2 Juan Ocelotl

Imágen Satelital obtenida de Google Earth (2021)

La parcela se ubica a 100m de Casita de Barro y a 50m de las casas de la comunidad de Tecuanipan.

Extensión

N/A

Tenencia

Dueño Juan Ocelotl

La parcela es propiedad de Juan Ocelotl, y fue heredada por su padre este año, con el propósito de que Juan comenzara a trabajar y generar sus propios ingresos, así como poder construir su casa dentro de la misma parcela, al igual que el resto de

su familia campesina.

Caracterización

La parcela es monocultivo de amaranto, plantada en surcos de 60 cm de distancia entre cada uno, con manejo de suelo convencional y uso de tractor, así como de herramientas artesanales.

Figura 9. Sistema agroecológico de manejo mixto (Sitio 2) de Juan Ocelotl.

Elaboración propia

Monocultivo de amaranto

El preparado de la tierra se realiza con tractor o con mecanismos artesanales para arar la tierra, similares a la yunta, pero unitarios, es decir, de una sola rueda y manejados por una persona directamente, sin embargo es un trabajo muy laborioso que implica esfuerzo físico del campesino. El manejo es convencional, pues aplican tanto abono natural como fertilizantes químicos, sin embargo no utilizan acolchado y aplican químicos para pesticida.

Suelo

El suelo es abonado natural y químicamente, y no se aplican acolchados vegetales, debido a que la maquinaria para arar manual se traba con la hierba picada y no permite realizar el trabajo, por lo que se retira del suelo y se lleva al monte o se da como alimento para los animales de corral. La pendiente es poca en ésta parcela, por lo que únicamente se hacen surcos sin necesidad de retenes para la erosión de suelo.

Semilla

La semilla utilizada, al igual que en las otras parcelas de producción de amaranto de Juan, proviene de San Juan Amecá, un pueblo vecino dedicado a la producción, cosecha y procesamiento de la semilla de amaranto de distintas variedades. Éste pueblo tiene la maquinaria para cosechar, separar y tronar el amaranto sembrado, por lo que muchos de los campesinos también son comerciantes de esta semilla. En Tecuanipan, únicamente se produce, cosecha y separa la semilla, que se vende y transporta encostalada a los comerciantes de San Juan Amecá para ser limpiada, empacada y comercializada.

Las variedades de amaranto que Juan maneja son verde y roja, que en sus etapas jóvenes se ven amarilla y naranja respectivamente. La flor de éste amaranto tiene espinas, que protegen a la semilla una vez que se formó, por lo que la cosecha y separación de la semilla se realiza con máquina y no de forma artesanal, pues las espinas tienden a pegarse en la ropa y piel de los campesinos con el viento cuando la separación es manual.

Siembra

La siembra se realiza en surcos con tractor o maquinaria manual, pues la yunta resulta mucho trabajo y difícil de manejar para los campesinos de Tecuanipan, probablemente por las características del suelo. No usan acolchado porque se traba con la maquinaria para arar a pie, pero sí abonan el suelo. Este año creció chico el amaranto al inicio, y comenzó a florecer, debido al cambio climático; sin embargo al ser abonado se volvió muy alto y fue tirado por el viento del norte, causando una pérdida total de la cosecha en la parcela, que estaba destinada para la comercialización, pues Juan produce maíz para alimentar a sus animales y frijol y amaranto para la venta y generación de ingresos económicos.

Cultura y tradición

Juan menciona que los periodos de siembra, deshierbe y cosecha también se realizan de acuerdo a las fases de la luna, que afectan los flujos de agua dentro de la planta. Por ejemplo, la siembra y cosecha deben realizarse en luna “recia” o luna llena. Esto es tiene fundamento en que durante la luna llena, las aguas se concentran en las semillas, frutos y puntas de las hojas y ramas debido a la gravedad de la luna, que se encuentra en su punto máximo. Esto asegura brotes nuevos de hojas y flores en las ramas, germinación en las semillas y afecta la concentración de azúcares y jugos en los frutos, y por lo tanto la concentración de nutrientes, y sabor de la cosecha. También en ésta época se realizan podas para esquejes, varetas y acodos aéreos, que aseguran brotar.

Las podas para leña se realizan durante la luna menguante o creciente, pues es cuando el tallo tiene menos agua y concentración de azúcares por la baja gravedad de la luna, por lo que las ramas y tronco pueden secarse más fácilmente una vez podados que en la luna llena, además de tener menor concentración de azúcares que atraigan polillas. Las aguas en este momento, se concentran en las raíces, son un momento de absorción de nutrientes del suelo para la planta. Estos conocimientos tienen origen en la cultura mexica, y son saberes transmitidos desde generaciones anteriores originarias de Tecuanipan. La luna de octubre es la más grande y cercana de todo el año, debido al cambio en el eje de la tierra consecuente de los movimientos de traslación y rotación, por lo que es el momento perfecto para comenzar la cosecha.

Tejido social

En la familia de Juan casi no siembran para autoconsumo, debido a que las parcelas apenas alcanzan para el alimento de animales y comercio, por lo que consumen verduras y tortillas compradas. La pérdida de cosecha en una parcela representa un significativo problema económico en la familia de Juan, así como de cualquier campesino de Tecuanipan, y son factores ambientales incontrolables, pues muchos son efecto del cambio climático y subproducto de las actividades humanas principalmente en las ciudades, que tienen un impacto sinérgico impresionante en localidades campesinas (como la contaminación del aire por industrias y

automóviles, el drenaje y descargas industriales en el río atoyac y el consumo de productos provenientes de minería extractivista), en la disponibilidad de sus recursos (ríos limpios y no de aguas negras, piedra volcánica) y en la degradación de sus ecosistemas (desaparición del bosque) y agroecosistemas (pérdida de cosechas); por lo que es un tema que también le concierne a las ciudades, no únicamente a las poblaciones rurales.
Tecnología Utilizan arado manual, y herramientas artesanales como la hoz y el machete para sembrar, deshierbar y cosechar el amaranto. La yunta es muy complicada para utilizar en el terreno. La cegadora se utiliza para trillar el amaranto y separar la semilla del zacate.
Rentabilidad económica Juan invierte de $10,000 a 15,000 en cada parcela, ahorra usando abono orgánico y el mismo zacate de la parcela para acolcharla, sin embargo la cosecha en la parcela de maíz apenas le alcanza para alimentar a los animales, que es una inversión menos costosa que comprar el alimento directo, sin embargo sigue representando un costo, que no se ve remunerado inmediatamente, pues las excretas animales regresan como abono a la parcela, mas no hay una ganancia de los animales, sino que funcionan más bien como ahorro o para el consumo de sus productos derivados, como el huevo. Para recuperar el dinero y generar ingresos, se siembra el amaranto, como en la presente parcela, que es el principal sustento económico de la familia de Juan, y con lo que compran sus servicios, consumos y alimentos. La pérdida total de la cosecha en ésta parcela, significa una pérdida de $10,000 invertidos, más el no poder recuperar la inversión de la parcela de maíz con las ganancias de la comercialización del amaranto, por lo que significa una pérdida total de $20,000 a $30,000 sumando las dos parcelas, y ninguna ganancia. El único “colchón financiero” ante estas pérdidas son los animales, que al venderse pueden recuperar el dinero perdido; razón por la cual se compran chicos y se alimentan cada año para aumentar su precio, como ahorro por si se pierde dinero.

Resumen problemáticas

- Viento del norte, tumba las cosechas altas de amaranto y provoca pérdidas totales que implican costos
- Dificultad de pasar la herramienta manual del arado en suelo con acolchado
- Ríos de aguas negras y degradación del bosque como efecto sinérgico de las descargas industriales y domésticas en las ciudades, las actividad económicas extractivistas y la contaminación de aire y suelo.
- Falta de equipo para el procesamiento del amaranto una vez cosechado
- No existe un seguro económico para la pérdida de cosecha para las familias campesinas de Tecuanipan

SITIO 3: MANEJO MIXTO

Datos geográficos

Ubicación

Imágen 10. Parcela Sitio 3 Juan Ocelotl

Imágen Satelital obtenida de Google Earth (2021)

Extensión

1Ha

Tenencia

Vecino dueño de la parcela.

Juan y su familia han rentado ésta parcela por tres años consecutivos, y han trabajado la recuperación del suelo, que al inicio se encontraba completamente erosionado; sin embargo se ha cerrado la renta este año y será otorgada a otro campesino; aunque la familia de Juan sigue luchando por conservarla mostrando

sus resultados al dueño.

Caracterización

La parcela es monocultivo de amaranto, sin árboles frutales o nativos. Se manejan dos variedades, verde y roja,. El manejo del suelo es mixto, utilizando abono natural combinado con fertilizantes químicos. El modo de siembra es en surcos, y se presenta homogénea, con excepción de manchones enfermos o mal desarrollados por causa de los restos de herbicidas en el suelo. El preparado de la tierra y la siembra son con tractor, el cajoneado, deshierbe y capado son a pie, y la cosecha a hoz y trilladora. La parcela tiene algunas plagas como el gusano, pero no predominan en el amaranto, aunque sí afectan el desarrollo y forma de varias matas.

Figura 10. Sistema agroecológico de manejo tradicional (Sitio 3) de Juan Ocelotl.

Elaboración propia

Monocultivo de amaranto

El cultivo de amaranto se realiza en surcos, y se intercalan las variedades verde y roja, pues difícilmente se cruzan por la diferencia entre las temporalidades de siembra. Cada semilla se maneja por separado. Al necesitar de 5 a 6 horas de sol

diarias, el amaranto debe ser el estrato más alto de la siembra, por lo que usualmente las parcelas donde se cultiva no tienen árboles o si los tienen, no se siembran en la sombra de éstos.

Tarda de 4 a 6 meses en crecer, 2 meses en secarse y cosecharse y usualmente se aprovechan las lluvias de Junio a Octubre para su crecimiento. El amaranto es una especie muy fácil de cultivar debido a su adaptación climática al ser una semilla nativa de la región y manejada milenariamente.

Suelo

El terreno que renta Juan para la producción de amaranto, anteriormente fue rentado a otros campesinos que realizaron monocultivo y agricultura intensiva por varios años, con aplicación de fertilizantes y agroquímicos frecuentes que erosionaron completamente el suelo.

El primer año que la familia de Juan cultivó amaranto, la cosecha fue pobre y las matas pequeñas, pues la tierra era infértil y estaba muy erosionada. Juan aplicó abonos orgánicos combinados con fertilizantes químicos para recuperar el suelo del terreno. El segundo año se sembró maíz y frijol, con la intención de fijar algunos nutrientes en el suelo, rotar, y descansar del amaranto; además de los abonos naturales y el fertilizante químico que se aplicaron nuevamente.

Éste año se sembró amaranto nuevamente, y la cosecha y desarrollo de las matas fue mejor que el primer año. Se continúa aplicando abono natural y fertilizante químico para el cultivo. Juan tiene la hipótesis de que en dos años se puede mejorar las condiciones del suelo de una parcela completamente erosionada al inicio como ésta, con un manejo orgánico adecuado. Sin embargo, el dueño del terreno cerró el contrato éste año, pues le rentará a otro campesino el año que sigue, por lo que los resultados de la mejora en la productividad y condiciones del suelo que realizó la familia de Juan estos años, no se verán en sus cosechas, sino en las del siguiente campesino. A pesar de esto, Juan está luchando por rentar al menos un año o unos más la parcela, para aprovechar que ya ha trabajado el suelo en ésta parcela.

Otra ventaja de haber sembrado amaranto dos de los tres últimos años, es que no se ha utilizado tanta maquinaria pesada, como con el maíz y frijol; pues al momento de capar, deshierbar, cajonear y cosechar, la mayor parte del trabajo es a pie; y la cosecha se realiza con trilladora, por lo que no se ha compactado ni volteado demasiado el sustrato, y esto ha permitido una restauración (lenta) de la microbiota en el suelo.

A pesar de la aplicación de abonos y el descanso de químicos éste año, el amaranto aún presentó algunas dificultades en su crecimiento debido a los restos de herbicidas de años anteriores, y el arrastre pluvial de los químicos aplicados en parcelas vecinas en pendiente más alta hacia la de Juan, por lo que muchas semillas no germinaron o crecieron pobres. Incluso pueden notarse huecos o diferencias en el tamaño y condiciones de salud del amaranto en diferentes áreas de la parcela (donde quedó más o menos herbicida) y ausencia de hierbas en toda la parcela aún sin haber realizado deshierbe.

Semilla

La semilla de amaranto es obtenida en San Juan Amecá, un pueblo vecino de donde son originarias varias semillas de San Jerónimo Tecuanipan y otras comunidades. Ésta semilla ya ha sido trabajada por generaciones en la familia de Juan, y está naturalizada al clima y condiciones de la zona, al ser una semilla criolla y seleccionada, por lo que crece más fácil rápida y vigorosamente que otras. El amaranto de esta variedad produce bastantes flores, y puede crecer bajo o alto, según la temporalidad en la que se siembre y cómo se abone; sin embargo el manejo que Juan realiza, es procurando que la mata no rebase la altura de una persona promedio, pues si el tallo es muy alto, puede ser tumbado por los vientos del norte, que son muy fuertes y han causado pérdidas significativas o incluso totales de sus cosechas en el año actual y en los anteriores.

Otra virtud de la semilla utilizada, es que es muy generosa en la producción de semillas sanas, y es difícilmente plagada a comparación de otras, sin embargo puede asegurarse que son genes muy bien adaptados (pro el proceso artesanal de selección y las mismas condiciones ambientales que han propiciado su evolución y

diversidad genética) y no una semilla transgénica, pues los herbicidas afectan o imposibilitan el crecimiento de la planta, situación que no sucede en varias semillas transgénicas, y puede enfermarse al igual que otras semillas naturales. Sin embargo, es una variedad muy resistente, y las plagas no suelen afectar gravemente la cosecha o penetrar demasiado en la planta ni expandirse.

Las dos variedades de semilla que la familia de Juan maneja (al igual que la mayoría de sus vecinos) son amaranto rojo y verde. Juan cuida que la semilla no se hibridice y cada año selecciona las más puras, resilientes y productivas. A pesar de los cuidados que Juan realiza en su parcela, algunos de sus vecinos utilizan semillas transgénicas e híbridas para poder implementar herbicidas y fertilizantes químicos en sus parcelas, e incluso puede visualizarse notoriamente en el desarrollo diferenciado de las matas de amaranto entre parcelas (tamaño, productividad, homogeneidad, resistencia y simpatía con agroquímicos), lo cual amenaza la conservación de la semilla criolla de Juan y los vecinos que también comparten éste gen, pues pueden cruzarse como producto de polinización no controlada y afectar la genética original de la semilla criolla.

Siembra

La siembra se realiza en monocultivo: el terreno es muy extenso y abarca ambos lados de la carretera (ésta atraviesa la mitad de la parcela). Se realizan surcos de 60cm de distancia entre sí, no existen hileras de árboles. La siembra se realiza en tiempo de lluvias, se cosecha en Noviembre o Diciembre, ya cuando el amaranto está seco y listo para trillarse.

El manejo es mixto, procurando no utilizar agroquímicos con excepción de fertilizantes. Juan procura sembrar en el tiempo adecuado y no abonar en exceso para evitar que el amaranto crezca demasiado alto, pues una de las principales problemáticas es el viento, que puede tumbar lo sembrado. Esto puede deberse a la falta de árboles que impidan el paso de las corrientes fuertes o su apaciguamiento, pues se encuentran en la zona del valle, por lo que no hay suficientes cordilleras cerca que frenen la fuerza del viento. Esto puede remediarse con la implementación de policultivo con árboles de tronco grueso y resistente y la

siembra de barreras vivas en los límites del terreno, sobre todo cuando son divisiones chicas, protegiendo al cultivo.

Otra problemática notable son algunas plagas como el gusano, que se come el centro del amaranto y seca las ramas que contienen las semillas, por lo que no logran desarrollarse completamente o se secan, y se pierden cosechas. La forma de detectar esta plaga es cuando se manifiestan malformaciones en las puntas del amaranto y ramas secas. Otra plaga que ataca tanto al amaranto como al maíz, son los chapulines, que se comen las hojas y obstaculizan el crecimiento de la mata.

Ambas plagas pueden controlarse atrayendo a insectos que sean sus depredadores naturales, a través de la siembra de plantas aromáticas y flores, donde puedan habitar catarinas, arañas, mantis y otros insectos; además de procurar una asociación de cultivos que ayude a la resiliencia del cultivo principal y haga simbiosis con éste. Para seleccionar las plantas adecuadas, es importante tomar en cuenta las hierbas tradicionalmente usadas desde generaciones anteriores en la zona, los saberes de la cultura náhuatl que aún se conserva y la compatibilidad ecosistémico-biológica de otras especies criollas o naturalizadas, que también puedan ser aprovechadas para el uso, consumo o venta de los campesinos y sus familias, también observando qué plantas silvestres crecen frecuentemente junto a los amarantos más sanos. Esto tomando en cuenta un manejo adecuado de suelo, con acolchado y abono natural.

Cultura y tradición

Dentro de la comunidad, se utiliza el grano entero de amaranto para realizar platillos culinarios, como atoles, harinas o guisados con proteína. Además del grano, se consume la flor tierna de la mata, como hoja de ensalada o guisada en caldos, con huevo u otros platillos. Los restos del amaranto se utilizan como acolchados en el suelo o para el alimento para los animales. El amaranto es uno de los alimentos consumidos en la comunidad, pero no se encuentra en los primeros, debido a su uso económico y a la dificultad de procesarlo en la misma localidad para autoconsumo.

Usualmente, los platillos que contienen los ingredientes de la milpa (Maíz, calabaza, chilacayote, chayote, frijol, ayocote, amaranto, epazote), o hierbas silvestres como el pápalo, alachi y pichincha, se cocinan con sal blanca, obtenida en las salinas minerales de la zona de atlixco; y también con la sal de Tequesquite, una sal obtenida de la tierra, además de la sal de cocina y los condimentos añadidos. Esto otorga un sabor más remarcado a la comida, típico de los pueblos y comunidades rurales, además de remineralizar y proporcionar más nutrientes.

Tejido social

Compartir la semilla no sólo entre generaciones, sino entre vecinos y pueblos hermanos, ayuda a mantener vínculos entre la comunidad y con los otros, además de propiciar la creación de relaciones de trabajo entre comunidades. Un ejemplo son los campesinos y comerciantes de Nealtican, que usualmente prestan su trabajo remunerado en comunidades vecinas como Tecuanipan. Otro ejemplo es la venta y compra de semillas de San Juan Amecá a otros pueblos; ellos se encargan de cuidarla y procesarla, mientras los demás campesinos la producen y manejan. San Jerónimo Tecuanipan es un pueblo que renta tierras para producir, por lo que gente de Tlamapa y Santa Isabel trabaja en parcelas de ésta comunidad. Y finalmente los dos últimos pueblos se encargan de distribuír y comercializar variedad de hortalizas que producen los pueblos más lejanos a Cholula y Puebla.

Ésta red de alianzas contribuyen de formas positivas como negativas a las comunidades campesinas de la zona de Cholula, donde pertenece Tecuanipan, pues ayuda a los flujos económicos y de recursos entre las comunidades, así como la disponibilidad de trabajo en diferentes áreas; pero también da pie a abusos debidos a la dependencia entre algunos sectores, como el “coyotaje” (compra a precios muy bajos para el productor) por parte de los intermediarios entre productores y vendedores, o la explotación excesiva de tierras rentadas en Tecuanipan, con agricultura extensiva y tala de árboles por parte de los externos a la localidad. La importación de mano de obra y la venta de tierras también tiene causa y efecto en los fenómenos de migración de la comunidad, y la degradación de la naturaleza.

Tecnología

Utilizan tractor para arar el campo al preparar la tierra y en la siembra, sin embargo el “cajeteo” (acomodar la tierra y abonar cuando la mata está crecida) se hace con herramientas de arado a pie, por lo que se necesita trabajo humano. El deshierbe y el “capado” (quitar las matas de amaranto extra que compiten con las principales) se realizan a mano y con hoz. Una vez que el amaranto está seco y listo para cosecharse, se corta con machete y se pone en montones para desupés llevarse a una trilladora o cegadora, donde se muele y se separa por densidad la semilla del zacate Una vez obtenida la semilla del amaranto, se empaca manualmente en costales y se transporta hacia el pueblo de San Juan Amecá, donde es reventado y comercializado.

Rentabilidad económica

El amaranto es uno de los cultivos más rentables de la zona, es por esto que casi todos los campesinos de San Jerónimo Tecuanipan lo siembran, aunque no sea lo más consumido localmente a comparación de otros cultivos como maíz, calabaza, frijol, ayocote o chayote. Éste puede llegar a venderse incluso al doble o triple que el frijol y el maíz, y es el mayor contribuyente al sostenimiento económico de los productores, pero implica de exportación para ser rentable, pues en la localidad no cuentan con las herramientas necesarias para procesarlo una vez cosechado, y necesitan venderlo a los comerciantes de San Juan Amecá (de donde es originaria la semilla criolla de amaranto), quienes lo limpian, revientan y empacan para su venta, a un precio doble al que lo compran.

La venta de amaranto ya representa un ingreso significativo para los campesinos de San Jerónimo Tecuanipan y sus familias, debido a su fácil y poco costosa producción (no implica mucha inversión o insumos, es resistente, resiliente y poco exigente), que se da bien en las condiciones de sol y lluvia de la zona; sin embargo tiene un potencial mucho mayor de aprovechamiento para la economía y consumo en y para la comunidad. Si en San Jerónimo Tecuanipan existiera la maquinaria adecuada (molinos, trilladoras, equipo para reventar el grano y empacadoras), el comercio del amaranto representaría el doble de ingresos que actualmente significa, además de que sería más asequible para el consumo en la comunidad, al tener acceso al grano reventado y alcance en distancia, con la eliminación del transporte

necesario para procesarlo y adquirirlo. Lo único necesario sería el transporte para su venta en el exterior, cuando hay excedentes.

Resumen problemáticas

- Plaga de gusano en el amaranto
- Plaga de chapulín en todos los cultivos
- Exceso de uso de agroquímicos en las parcelas vecinas
- Restos y arrastres por erosión de agroquímicos utilizados por otros campesinos a la parcela de Juan
- Falta de maquinaria en la localidad para procesar el amaranto (reventar el grano, molerlo y empacarlo)
- Vientos fuertes del norte que tumban las cosechas en amarantos altos
- Uso de semilla híbrida o transgénica que amenaza la genética de la semilla criolla
- Dependencia en los comerciantes de San Juan Amecá para la venta de amaranto
- Importación de mano de obra y venta de tierras a externos
- Coyotaje y dependencia en intermediarios para la comercialización fuera de la comunidad
- Agricultura extensiva e intensiva, y tala de árboles por la renta de tierras a externos de la comunidad, que provoca degradación ambiental (erosión, pérdida de nutrientes, pérdida de microbiota, escasez de agua, exceso de radiación solar)

SITIO 4: MANEJO TRADICIONAL

Datos geográficos

Ubicación

Imágen 11. Parcela Sitio 4 Juan Ocelotl

Imágen Satelital obtenida de Google Earth (2021)

Extensión

1Ha

Tenencia

Dueño vecino de Juan

Juan y su familia rentan el terreno con árboles, donde pueden sembrar sin talar, pero también aprovechar una parte de la cosecha de los frutales.

Caracterización

La parcela es policultivo de amaranto y árboles frutales.

Figura 11. Sistema agroecológico de manejo tradicional (Sitio 4) de Juan Ocelotl.

Sitio 4. Caracterización del sistema de manejo tradicional.

Elaboración propia

Amaranto

El amaranto que se siembra es de dos variedades al igual que en sus otras parcelas. Los surcos tienen 60cm de distancia entre cada uno. La siembra es en temporal y la cosecha a finales del año. Juan procura abonar de forma mixta las matas de amaranto, y utilizan distintas herramientas en el proceso de cajoneo.

Árboles frutales

Los árboles frutales son principalmente manzana y pera, el vecino los sembró en la parcela que están rentando, por lo que aún son árboles jóvenes, de 10 años de edad como máximo, y de donde Juan y su familia pueden cosechar para autoconsumo o venta. Los árboles restan espacio al cultivo de amaranto, pues ambas especies son de estrato alto, eso significa que necesitan recibir sol directo, por lo tanto la sombra de uno le estorba al otro para crecer y viceversa. Sin embargo el espacio que ocupan los árboles es poco, por lo que no significa gran diferencia en la cosecha de amaranto, y además también representa un ingreso, sin necesidad

de mucha inversión en los cuidados, con las frutas que brinda.

Los árboles frutales complementan los sistemas de milpa, siempre que la fruta, sombra y otros servicios ambientales como leña o recreación sean aprovechados. En el caso de Juan, no aprovechan la sombra del árbol para sembrar otros cultivos, sin embargo no es un asunto que les moleste, el diámetro de la sombra no es grande y no desplaza casi al amaranto, y además, Juan y su familia se sienten satisfechos, e incluso gustosos, de conservar los árboles frutales en la parcela, a diferencia de sus vecinos que han talado el total de árboles que habían en sus parcelas para "maximizar" su producción. Las diferencias microclimáticas y de suelo en la parcela de Juan con árboles, y las parcelas vecinas, son notorias, pues la humedad, temperatura y propiedades del suelo están mejor reguladas y conservadas en la parcela de Juan.

Suelo

El manejo del suelo es mixto, Juan utiliza abonos naturales de corral y fertilizantes químicos en la parcela, aunque procuran no fumigar con pesticidas y utilizar la menor cantidad de químicos posible. El suelo de la parcela que Juan renta se observa más húmedo y está mejor retenido, que las parcelas vecinas.

Juan menciona que uno de sus vecinos perdió sus tierras al quedarse en banca rota apadrinando una fiesta, y tuvo que venderla a un campesino de Tlamapa, quien taló los árboles de la parcela y actualmente cultiva cebolla. El suelo de ésta parcela se ve completamente erosionado, y se le aplican agroquímicos durante toda la siembra. Otro vecino también taló los árboles de su parcela, con excepción de los que marcan límites de propiedad, y siembra rábano. Utiliza "gallinaza" (abono de excreta de gallina y paja) para recuperar su suelo, pues aplica exceso de agroquímicos y no utiliza acolchados, por lo que tiene un suelo erosionado.

En el horizonte se visualizan otras parcelas sin árboles, la mayoría de dueños campesinos que no son pertenecientes a la comunidad de Tecuanipan, en su mayoría de Tlamapa, quienes, de acuerdo a Juan, ya han ocupado la extensión total de sus tierras y las explotan intensivamente, sin descanso y con agroquímicos, por

lo que ahora buscan extender su producción rentando terrenos en Tecuanipan, y aprovechando la venta constante de tierras en la zona. Esto propicia suelos más erosionados y tala de árboles, además de que son menos los campesinos de la zona que trabajan su propia tierra, y por lo tanto, que la cuidan. Muchos campesinos venden su tierra debido a pérdida de dinero y deudas por gastos excesivos y fiestas, que es un problema que Juan remarca en la comunidad, y suelen ser compradas por externos que tienen familiares en Estados Unidos, quienes brindan el capital para comprar los terrenos. Juan no tiene familia en Estados Unidos, por lo que la renta de tierras en su caso, ha sido obtenida con trabajo de su familia campesina.

Semilla

La semilla utilizada es la misma que en las demás parcelas, y su manejo es muy similar a la parcela 3.

Siembra

La siembra se realiza en surcos para el amaranto, y en hileras de árboles separadas por 20m cada una. El amaranto no se siembra dentro del diámetro de la sombra de los árboles, pues necesita sol directo y no crecería.

Cultura y tradición

Dentro de los usos y costumbres originarios de San Jerónimo Tecuanipan, se encuentra la agricultura basada en el sistem milpa, que es similar a la estructura de un Bosque comestible (utiliza estratos, asociación de cultivos, y funciona como un sistema productivo y ecológico al mismo tiempo), pero con el maíz y amaranto como los estratos más altos, en zonas de clareo del bosque nativo (que en Tecuanipan es el Bosque de Encino-Pino) y con algunos árboles frutales; sin embargo es un sistema que se ha ido perdiendo y reduciendo en las últimas décadas con la implementación de sistemas mecanizados e industrializados que desplazan y sustituyen los saberes comunitarios por técnicas occidentales.

Tejido social

Existe un fenómeno muy fuerte de migración en la comunidad, debido a las condiciones de pobreza y marginación, pero también a la intrusión del sueño americano en el municipio hace unos 20 a 40 años. Éste fenómeno tiene influencia en la disponibilidad y compra de tierras en Tecuanipan, así como en el uso que se

les da, pues muchos campesinos tienen su parcela abandonada o la rentan mientras se van a trabajar a Estados Unidos, y otros brindan dinero a sus familiares para que compren más terrenos. Usualmente, los campesinos con los mayores terrenos o los que cultivan verdura, tienen familia en Estados Unidos que les apoya económicamente para que la inversión no sea tan riesgosa, y tenga buen provecho, pues en caso de no tener un respaldo financiero, puede resultar en una pérdida significativa. Los campesinos sin familia en Estados Unidos, no suele invertir en la producción de hortalizas.

Éste fenómeno también tiene influencia en la construcción de casas y del concepto de bienestar o calidad de vida de los y las habitantes de tecuanipan, pues tanto las formas de producción (uso de tractor, agroquímicos y monocultivo), así como las formas de vivir (casas grandes de materiales industrializados, coches de lujo y piscinas) del sueño americano se han vuelto una aspiración para muchos campesinos de Tecuanipan, desplazando y sustituyendo los modos de vida (casas de adobe, cocina de leña, lenguaje náhuatl, uso de sal de tierra), las formas de producción (uso de tracción animal; siembra, deshierbe, cajoneo, capado y cosecha tradicional artesanal; selección de semilla manual) y los usos y costumbres (hierbas medicinales, asociación de cultivos en la milpa, semilla criolla) antiguos del territorio,originarios de los ancestros mexicas de la región.

Otro fenómeno muy presente que tiene fuerte influencia en la tenencia de la tierra, son las fiestas de la comunidad, que a pesar de formar parte del vagaje cultural de Tecuanipan (celebraciones a santos, en el cerro Xocoatlayo, con padrinos), también representa un riesgo económico para las familias apadrinadas (el padrino es el encargado de solventar económicamente la fiesta, invitar y ser anfitrión), que suelen perder tierras y propiedades al endeudarse financiando un evento, que como consecuencia causa la renta, venta y empeñado de tierras, usualmente a compradores externos, que las utilizan para explotarlas en su producción, y son suelos que usualmente no pueden recuperar los dueños originales.

La pérdida de tierras también tiene vínculo a la infravaloración del territorio para algunos de los habitantes de Tecuanipan, pues las empeñan o venden como si no

tuvieran valor, a pesar de haber sido heredadas desde muchas generaciones antes por sus ancestros, quienes produjeron y las trabajaron anteriormente, y de donde se obtuvo el conocimiento sobre la siembra, cuidado animal, milpa y los recursos para la supervivencia de las familias de la localidad. Muchas de las tierras perdidas, antes tenían árboles de 80 a 150 años de edad, o relictos de vegetación nativa, que actualmente está completamente desaparecida debido a la agricultura extensiva que ocupan las parcelas.

Muchos de los compradores de tierras, vienen de otros estados de la república, apoyados por sus familias en Estados Unidos, o de pueblos vecinos cuyas tierras ya están completamente ocupadas por agricultura, como San Martín Tlamapa, Nealtican y Santa Isabel Cholula.

Tecnología

Para la cosecha de frutos, se utilizan herramientas como los recolectores de fruta con mangos altos, y canastos, donde se va colocando la fruta caída. Para la cosecha de amaranto de forma artesanal, se coloca en montones el amaranto, y se golpea con un palo (usualmente se utiliza el mismo tallo seco del amaranto como palo) hasta pulverizarse. En ocasiones se usan burros, caballos o camionetas para aplastar el amaranto en vez de un palo, y en ocasiones el tractor. Una vez pulverizado, se separa con coladores y con el viento; se lanzan los montones de polvo y el viento se lleva el zacate mientras la semilla cae. Una vez separada la semilla, se limpia dos veces y luego se empaca.

El proceso industrializado implica únicamente utilizar una cegadora, donde se mete completa la mata seca del amaranto y la máquina separa la semilla de lo demás automáticamente. Este es un proceso más rápido, que se realiza en 2hr, a comparación del artesanal, donde pueden utilizarse de 1 a 6 días, dependiendo de la cantidad de amaranto. Actualmente, la mayoría de los campesinos utiliza la cegadora para cosechar y separar el amaranto debido a su velocidad y rentabilidad, pues ahorran mano de obra y tiempo, que en el proceso artesanal tendrían que invertir; sin embargo, es un proceso más peligroso, pues la máquina segadora puede causar accidentes.

Rentabilidad económica

Existen cuatro tipos de tenencia para producción agrícola en San Jerónimo Tecuanipan, la (1) parcela, donde el propietario es el dueño del terreno ya sea porque le fue heredada por su familia o la adquirió comprada, la (2) renta de terreno, donde un campesino es dueño del terreno pero los presta rentado por un tiempo determinado a otro campesino para que produzca en él, usualmente uno o dos años. La cosecha de la renta (y por lo tanto los ingresos) usualmente es aprovechada por el campesino que produce, pero en ocasiones es compartida entre quien renta y quien produce en porcentajes, según sea el acuerdo inicial. La (3) siembra "A medias", que significa que un campesino pone el terreno y/o capital y el otro u otros lo trabajan. La cosecha y ganancias se reparten entre quien puso el terreno y quienes lo trabajaron por porcentajes, según la inversión que hizo cada quién o el acuerdo con el que hayan iniciado el contrato. Y (4) el terreno empeñado; cuando un campesino le presta a otro dinero y le da un plazo de aproximadamente 5 años para pagarlo, el que adquiere la prestación deja como garantía su terreno empeñado, durante el plazo de pago, que le será retirado si no cumple con su paga o devuelto en su liquidación. Éste terreno puede utilizarse por quien prestó el dinero durante el plazo de pago.

Cuando el terreno es rentado, se acuerda si se conservan o se talan los árboles. Si el dueño del terreno desea conservarlos, puede que le pida al productor que va a trabajar la tierra que no coseche de ellos, o puede permitirle aprovecharlo. En el caso de la parcela de Juan, se renta un terreno con árboles, ya que su familia procura conservar los frutales en sus parcelas para que haya más árboles en la zona, y el dueño además les permite cosechar de ellos y con eso aumentar su comercialización de productos.

Resumen problemáticas

- Tala de árboles en terrenos de agricultura extensiva y rentados
- Venta de tierras de Tecuanipan a externos de comunidades vecinas, como los habitantes de Tlamapa y Santa Isabel Cholula.
- Pérdida de terrenos por fiestas y gastos excesivos de los campesinos
- Pérdida del proceso artesanal de cosecha del amaranto. Proceso

industrializado más rentable, pero con riesgo de accidentes.

- Influencia del sueño americano y la migración en los proceso de producción y modos de vida originarios de Tecuanipan. Sustitución de saberes y conocimientos indígenas de producción, vivienda y cuidado ambiental, por procesos occidentales de explotación e industrialización.
- Desvalorización del territorio y desaparición paulatina del sistema Milpa original, como bosque comestible mexica.

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE TRANSECTOS

Visita a la parcela de maíz (fondo) de don Armando, comprada con el dinero ahorrado durante su trabajo en Estados Unidos. Se observan diferentes sistemas de cultivo en las parcelas vecinas. Compartir parte de la cosecha entre vecinos para el autoconsumo es común, con el fin de asegurar una canasta diversa y como una tradición comunitaria que mantiene el tejido social al compartir.

Visita a la parcela de cultivo de amaranto (fondo derecha) de don Armando (centro izquierda), heredada por su padre y conectada a las parcelas de maíz y frijol (frente derecha e izquierda) de sus hermanos. En la familia de don Armando son campesinos, comparten semillas para la siembra y vinculan su rotación de cultivos.

Transecto Sitio 2. Parcela de la vecina de Don Armando López, cultivo de dos variedades de frijol de mata

Imágenes satelitales. Tipos de uso de suelo detectados en San Jerónimo Tecuanipan, Puebla. Google Earth, 2021.

Monocultivo de maíz (*Zea mays*)

Monocultivo de frijol de mata criollo (*Phaseolus vulgaris* var. amarilla) y frijol de mata peruano (*Phaseolus vulgaris* var. negra)

Monocultivo de amaranto. Parcela de Don Armando López

Monocultivo de amaranto verde y rojo. Semilla originaria de San Juan Amecá. Parcela de Juan.

Monocultivo de cebolla y tala de árboles en las parcelas. Parcela Vecina de Juan, apropiada por Tlamapa.

Monocultivo de rábano. Parcela vecina de Don Armando

Monocultivo de flor de temporada. Flor nube. Parcela vecina de Don Armando.

Pozo de extracción de agua subterránea en San Jerónimo Tecuanipan. Parcela de Juan.

Vegetación nativa del bosque de Encino-Pino junto al cerro Xocoatlayo

Árbol de aguacate criollo (*Persea americana* var. criolla) de 80 años de antigüedad en la parcela de Juan Ocelotl

Frijol de mata Criollo (*Phaseolus vulgaris* var. Amarillo)

Frijol de mata Peruano (*Phaseolus vulgaris* var. Negro)

Diversidad de semillas de frijol en Tecuanipan. Parcelas de Don Armando

Variedad blanca	Variedad amarilla	Variedad roja	Variedad azul	Variedad cacahuazintli

Variedades de maíz criollo en San Jerónimo Tecuanipan. Fotos obtenidas en la Milpa de Juan Ocelotl

Calabaza y chayote

Maíz criollo y frijol de guía

Frijol de mata

Flores de temporada

Amaranto

Hierbas y hortalizas

Cultivos de la milpa tradicional. Fotos tomadas en la parcela de Juan Ocelotl

Ejemplo de árboles frutales integrados a la milpa. Fotos tomadas en la parcela de Juan Ocelotl.

Cultivo de Chía. Parcela vecina de Don Armano

Uso de hierbas silvestres para consumo y venta. Alachi y Pipicha alimentos locales. Parcela de Dons Armando.

Cultivo de hongos silvestres. Huitlacoche. Parcela de Don Armando.

Carretera colindante a las parcelas agrícolas	Vereda colindante a las parcelas junto al cerro Xocoatlayo

Caminos más cercanos y fragmentación de agroecosistemas

Carretera colindante a las parcelas agrícolas	Vereda colindante a las parcelas junto al cerro Xocoatlayo

Caminos más cercanos y fragmentación de agroecosistemas

Manejo agroecológico de las parcelas tradicionales

Estratos de la milpa tradicional

Estrato alto: rboles frutales y nativos para sombra, líquenes, epifitas,	Estrato medio: Maíz, frijol de guía o ayocote, amaranto, flor de cempasúchil, chayote, calabaza	Estrato bajo: frijol de mata, hortalizas, calabaza, hierbas aromáticas y medicinales, flores de temporada

Asociación de cultivos en la milpa y servicios ambientales (sombra, recreación, microclima) Foto tomada en la parcela de don Armando López

Tres estratos altos: cultivo de flor de Cempasúchil, Maíz y Aguacate. Parcela de Juan

Problemáticas identificadas en las parcelas agroecológicas visitadas en San Jerónimo Tecuanipan

Parcela Tlamapa vs Parcela Tecuanipan

Bacterosis común y mosquita blanca. Plagas de frijol.

Erosión de agroquímicos | Uso de pesticidas | Uso de fertilizantes

Monocultivo de Rábano y uso de agroquímicos. Parcela vecina de Don Armando.

Pérdida total de cosecha de amaranto por Vientos del Norte. Parcela de Juan.

Parcela Tlamapa vs Parcela Tecuanipan

Asociación de cultivos y estratos

Sustitución de maíz por flores y adición de abono para el control de Tusas

Uso de hierbas para retención de suelo en los márgenes

Aplicación de zacate como acolchado

Aplicación de abonos naturales provenientes del corral

Retenes de erosión de suelo

Estrategias de manejo en los agroecosistemas alternativos

Abono de corral o de origen animal (excretas de cerdos, gallinas, caballos y borregos)

Zacate de maíz y paja de trigo para la aplicación de acolchados vegetales secos

Abonos naturales para las parcelas de manejo alternativo

Secado de Amaranto en San Jerónimo Tecuanipan. Parcela vecina de Juan.

Acomode de Amaranto seco para trillado con cegadora, tractor o caballo. Parcela Vecina de Juan.

Monocultivo de frijol. Parcela con manejo y deshierbe vs Parcela sin Manejo o deshierbe. Don Armando.

Uso de hierbas silvestres para alimento de animales y acolchado. Parcela de Don Armando

Frijol criollo (*Phaseolus vulgaris* var. Amarilla) vs frijol importado (*Phaseolus vulgaris* var. Negra Michigan)

Monocultivo de cebolla vs policultivo de amaranto

TABLAS DE CRITERIOS E INDICADORES UTILIZADOS PARA LA PRUEBA

CRITERIOS DE EVALUACIÓN UTILIZADOS DURANTE LA PRUEBA

CRITERIOS	DESCRIPCIÓN
Rendimiento	Fruto o ganancia de los cultivos en relación a su costo
Satisfacción laboral	Sensación de bienestar, placer, realización y cumplimiento de necesidades que se obtiene como producto y durante el trabajo
Relación costo-beneficio	Valor monetario o beneficio resultado del balance entre las salidas, costos, e inversiones y las entradas, utilidades o ganancias.
Diversidad	Riqueza y abundancia biológica en un área y temporalidad determinados
Contribución al calentamiento global	Emisión de GEI, partículas, sustancias volátiles o contaminantes atmosféricos que contribuyen al calentamiento global
Contaminación de suelo, aire y agua	Generación de sustancias tóxicas, nutrientes y residuos que produzcan efectos nocivos en el ambiente, su degradación o su contaminación
Resíduos	Desechos resultado de los procesos de producción, que pueden o no ser recuperados y transformados para su uso como materia prima y reintegración al ciclo productivo
Consumo de agua	Sistema de proporción de agua a los cultivos
Calidad del suelo	Diagnóstico del suelo y su capacidad ecológica y productiva con base en el estado de sus propiedades
Manejo del suelo	Técnicas, herramientas, métodos y formas de conservación, protección y cuidado del equilibrio, composición, estructura y microbiología del suelo
Prácticas de conservación	Técnicas, herramientas, métodos y formas de conservación, protección y cuidado del ambiente, así como de prevención y mitigación a perturbaciones, fenómenos naturales y efectos producidos por la contaminación y el cambio climático
Capacitación, flexibilidad e innovación	Conocimientos, saberes, habilidades y capacidades humanas para la solución de problemas, prevención y adaptación a cambios
Autosuficiencia	Capacidad del sistema de sostenerse a sí mismo a través de la generación de ciclos cerrados de materia y energía
Alternativas de comercialización y producción	Estrategias de las familias para el intercambio y con el exterior del sistema, generando redes de ganar-ganar con los actores involucrados
Empleo	Redes y estrategias utilizadas para la generación de ingresos y flujos económicos para las familias dentro del sistema, en relación con la comunidad y con el exterior

Organización	Formas de interacción, planeación, distribución y toma de decisiones de las personas respecto al manejo del sistema
Equidad de género	Igualdad de oportunidades y derechos para las mujeres que participan en las actividades vinculadas a la producción y manejo del agroecosistema

Elaboración propia

INDICADORES UTILIZADOS DURANTE LA PRUEBA

INDICADORES	DESCRIPCIÓN
Pérdidas	Porcentaje del cultivo que no se desarrolló, se dañó, o no pudo ser aprovechado para autoconsumo o fines comerciales
Cosechas	Porcentaje del cultivo que se desarrolló dentro del rango de características esperadas y pudo aprovecharse para autoconsumo o fines comerciales
Percepción de beneficios	Grado de bienestar percibido a partir de los servicios ambientales, culturales, económicos, psicológicos y espirituales identificados por los campesinos en su interacción con la naturaleza y el trabajo de campo
Perspectivas a futuro	Grado de esperanza de crecimiento, desarrollo, oportunidades y bienestar a futuro a partir de la forma de producción y aprovechamiento actual de los agroecosistemas
Ingresos al año	Grado de percepción de generación de ingresos netos por año a partir de la producción en los agroecosistemas y las actividades derivadas de ésta
diversidad productiva	Número de especies cultivadas por parcela, así como del aprovechamiento de estratos dentro de la misma área de producción
diversidad genética	Número de variedades de semilla por especie cultivada, así como de formas de reproducción
diversidad natural	Vegetación nativa silvestre en diferentes estratos y temporalidades de la parcela
uso de combustibles fósiles	Grado de presencia y uso de fuentes combustibles fósiles para las actividades de producción (tractor, equipo, máquinas, transporte, sustancias)
transporte de materiales	Distancia y medio de traslado de los insumos utilizados para la producción en las parcelas, su cosecha y distribución o comercialización en los puntos de venta
uso de agrotóxicos	Cantidad de agroquímicos aplicados, con riesgos a la salud humana y ecosistémica
tipo de residuos generados	Clasificación de los desechos generados en el ciclo de producción y aprovechamiento de los agroecosistemas
fuente de riego	Medio de suministro de agua, su calidad y la frecuencia de su aplicación

presencia de M.O	Porcentaje de materia orgánica presente en la estructura del suelo considerando los primeros 30cm de profundidad (mínimo espacio requerido para sembrar y permitir el desarrollo de los cultivos)
presencia de microorganismos	Presencia de actividad biológica derivada de la existencia de materiales con nitrógeno y carbono en biodegradación que forman parte de la materia orgánica del suelo
diversidad de nutrientes	Riqueza y abundancia de nutrientes solubles en agua presentes en la estructura del suelo, considerando los primeros 30cm de profundidad.
acidez	Grado de acidez o alcalinidad de la tierra, considerando los primeros 30cm de profundidad, de acuerdo a la escala de pH
permeabilidad	Capacidad del suelo de permitir la infiltración de agua, y la velocidad en la que ésta se introduce en el manto freático.
porosidad	Presencia de oxígeno en la estructura del suelo, presentada en forma de poros, a partir de la estructura mineral y orgánica del suelo, considerando los primeros 30cm de profundidad.
capacidad de retención de agua	Capacidad del suelo de mantener húmeda la superficie por más tiempo (considerando los primeros 30cm de profundidad)
erosión	Tendencia del suelo a ser removido o arrastrado por factores ambientales o biológicos, como el viento, agua o animales
Incorporación de materia orgánica	Volúmen y frecuencia de abono natural vegetal, animal, o composta introducidos en la parcela como medio de fertilización del suelo
Arado y volteado	Forma de labranza del suelo, equipo y herramientas utilizadas e intensidad de su realización (frecuencia, fuerza, profundidad e impacto)
Cobertura de suelo	Aplicación o existencia de acolchados vivos o secos que protejan a la superficie del suelo de la irradiación solar, prevengan el suelo de erosión, retengan humedad, sirvan como un medio de vida para microorganismos y sean una reserva de nutrientes para el suelo a mediano plazo
Asociación de cultivos	Existencia de relación simbiótica entre cultivos, ya sea por planificación o naturalmente
Rotación de cultivos	Cambio periódico de cultivos sembrados anualmente, considerando los requerimientos del suelo, su productividad y el mantenimiento de su equilibrio químico-biológico
Deshierbe y capado	Frecuencia e intensidad en la remoción de hierbas silvestres y excedente de brotes cultivados para abrir espacio a las plantas sembradas y permitir su desarrollo en el área que necesitan ocupar
Cajoneado y fertilización	Frecuencia e intensidad de aplicación de abonos o fertilizantes para la siembra anual, el manejo de los surcos, y el tipo de insumos utilizados
Uso de maquinaria	Presencia de maquinaria pesada para el arado de la tierra, que provoque compactación del suelo

Manejo de erosión	Presencia de técnicas de retención de suelo, para la prevención y mitigación del arrastre de nutrientes
Captación de agua	Presencia de técnicas de captación y retención de humedad, para eficientar el uso del recurso hídrico
Manejo de plagas	Tipo técnicas aplicadas para prevenir y mitigar la presencia de plagas y enfermedades de las plantas y suelo en la parcela
Manejo de microbiología	Uso de técnicas y preparados para el cuidado y mantenimiento de la vida en el suelo
Manejo de semilla y reproducción	Uso de técnicas para seleccionar, almacenar, mejorar y diversificar las variedades de semillas utilizadas en la producción, así como de métodos de reproducción de plantas
Capacidad de innovación	Herramientas y métodos nuevos generados por los campesinos para eficientar y facilitar el trabajo o manejo de agroecosistemas
Recursos culturales	Técnicas, instrumentos y conocimientos tradicionales utilizados en el manejo de las parcelas
Autoconsumo	Uso directo de una parte o la totalidad de la producción dentro de los ciclos domésticos de las familias de los campesinos en diversas áreas (cocina, curación, animales)
Dependencia en insumos externos	Porción de los insumos utilizados en la parcela que tienen orígen en fuentes externas a la localidad y el agroecosistema
Diversidad de estrategias de comercialización	Variedad en las formas de presentación y venta de las cosechas destinadas a comercialización (transformadas o crudas, por mayoreo, menudeo, intercambio)
Puntos de venta	Diversidad de puntos de venta en relación con su cercanía a la localidad, costos de transporte y servicio, y rentabilidad de las ventas para la cosecha destinada a comercialización
Empleos locales	Cantidad de empleos pagados generados para la comunidad a partir de las actividades de producción de cada parcela
Participación de la familia	Cantidad de empleos generados para la familia a partir de las actividades de producción de cada parcela
Remuneración de la familia	Porcentaje de empleos familiares generados en la parcela que son remunerados con pagos o beneficios
Apoyos solidarios (faenas/medias/trueques)	Uso de apoyos comunitarios, institucionales o de organizaciones que no implican un costo o retribución para las actividades de producción y manejo del agroecosistema
Redes de apoyo	Existencia de fuentes de apoyo adicionales a los empleados para la producción de las parcelas
Reparto de bienes	Grado de equidad en la distribución de las cosechas considerando a los participantes en las actividades de producción y toma de decisiones
Participación en la toma de decisiones	Grado de centralización en la decisión de las formas de manejo de los agroecosistemas

equidad laboral	Las mujeres participan en las actividades de producción de las parcelas
equidad en la distribución de bienes	Las mujeres que participan en el trabajo de producción son remuneradas con pago o beneficios
equidad en la toma de decisiones	Las mujeres participan en la toma de decisiones respecto al manejo de las parcelas

Elaboración propia

Tabla. Escalas y unidades de medida utilizadas durante la prueba

Criterio	Descripción	Indicador	Cómo se mide	Unidad de medida
Rendimiento	Fruto o ganancia de los cultivos en relación a su costo	Pérdidas Cosechas	encuesta encuesta	porcentaje porcentaje
Satisfacción laboral	Sensación de bienestar, placer, realización y cumplimiento de necesidades que se obtiene como producto y durante el trabajo	Percepción de beneficios Perspectivas a futuro	entrevista no estructurada entrevista no estructurada	Alto/medio/bajo/ninguno/perjuicio Muy bueno/bueno/regular/malo/muy malo
Relación costo-beneficio	Valor monetario o beneficio resultado del balance entre las salidas, costos, e inversiones y las entradas, utilidades o ganancias.	Ingresos al año	encuesta	Mucho/regular/poco/nada/pérdidas
Diversidad	Riqueza y abundancia biológica en un área y temporalidad determinados	diversidad productiva diversidad genética diversidad natural	observación en campo entrevista no estructurada observación en campo	No. de Sp. cultiv-adas/parcela No. variedades de semilla Presencia/ausencia de vegetación silvestre
Contribución al calentamiento global	Emisión de GEI, partículas, sustancias volátiles o contaminantes atmosféricos que contribuyen al calentamiento global	uso de combustibles fósiles transporte	entrevista no estructurada entrevista no estructurada	Muy alto/alto/medio/bajo/nulo Mucho/regular/poco o nada
Contaminación	Generación de	uso de	entrevista no	Incrementando/m

de suelo, aire y agua	sustancias tóxicas, nutrientes y residuos que produzcan efectos nocivos en el ambiente, su degradación o su contaminación	agrotóxicos	estructurada	ucho/regular/poco /decreciendo o nulo
Resíduos	Desechos resultado de los procesos de producción, que pueden o no ser recuperados y transformados para su uso como materia prima y reintegración al ciclo productivo	tipo de residuos generados	entrevista no estructurada y observación en campo	tóxicos químicos/ inorgánicos no reciclables/ inorgánicos reciclables/ orgánicos compostables/ ninguno
Consumo de agua	Sistema de proporción de agua a los cultivos	fuente de riego	observación en campo	río de agua negra/riego de pozo/ lluvia de temporal
Calidad del suelo	Diagnóstico del suelo y su capacidad ecológica y productiva con base en el estado de sus propiedades	presencia de M.O	análisis de suelo	Mucha/regular/poca o nula
		presencia de microorganismos	análisis de suelo	Muchos o regular/pocos/nada
		diversidad de nutrientes	análisis de suelo	Muchos/regular/pocos
		acidez	análisis de suelo	pH neutro / poco ácida o alcalina / muy ácida o alcalina
		permeabilidad	análisis de suelo	Regular o permeable/ poco impermeable o rápidamente permeable/ muy impermeable o muy permeable
		aireación	análisis de suelo	poroso / poco poroso o compacto/ muy poroso o muy compacto
		capacidad de retención de agua	análisis de suelo	capacidad regular / poco arcilloso o arenoso / muy arcilloso o

		erosión	análisis de suelo observación en campo	arenoso muy propenso a erosión/ propenso a erosión/ poco propenso a erosión/ sin erosión/ conserva o acumula suelo y nutrientes/tiene ciclos regenerativos de suelo
Manejo del suelo	Técnicas, herramientas, métodos y formas de conservación, protección y cuidado del equilibrio, composición, estructura y microbiología del suelo	Incorporación de materia orgánica	entrevista no estructurada	constante o cíclica/mucha/regular/poca/nada
		Arado y volteado	entrevista no estructurada	suelo sin picar o poco arado/arado manual frecuente/ arado manual y volteo frecuente/ yunta o máquina artesanal/frecuente/ maquinaria o tractor frecuente
		Cobertura de suelo	observación en campo y entrevista	viva y seca natural (hojarasca y hierbas) frecuente/ viva y seca (rastrojo y hierbas) periódica / seca (rastrojo) eventual/comprada (paja)/ninguna
		Asociación de cultivos	observación en campo	milpa o bosque comestible con especies perenne/ milpa o bosque comestible anual/ policultivo/ diferentes variedades de una sp/ monocultivo
		Rotación de cultivos	observación en campo	sin rotación/ rotación anual/ rotación planeada
		Deshierbe y capado	observación en campo	aplicación de herbicida/ sin deshierbe/ con deshierbe

		Cajoneado y fertilización Uso de maquinaria	entrevista no estructurada entrevista no estructurada	sin cajoneado y fertilización/ fertilización al inicio/ fertilización ocasional/ fertilización y cajoneado frecuente/ constante o cíclico sí/no
Prácticas de conservación	Técnicas, herramientas, métodos y formas de conservación, protección y cuidado del ambiente, así como de prevención y mitigación a perturbaciones, fenómenos naturales y efectos producidos por la contaminación y el cambio climático	Manejo de erosión Captación de agua Manejo de plagas Manejo de microbiología Manejo de semilla y reproducción	observación en campo y entrevista observación en campo observación en campo y entrevista entrevista no estructurada entrevista no estructurada	diferentes métodos de retención/ un método de retención/ sin retención diferentes métodos de captación/ un método de captación/ sin captación aplicación de pesticidas tóxicos/aplicación de químicos no tóxicos/sin manejo/aplicación de biopreparados/uso de biopreparados y técnicas de asociación, diversas técnicas sí/no no hay/algunas variedades/entre vecinos/comunitario/regional
Recursos humanos	Conocimientos, saberes, habilidades y capacidades humanas para la solución de problemas,	Capacidad de innovación Recursos culturales	entrevista no estructurada observación en campo y entrevista	Sí/no Sí/no

	prevención y adaptación a cambios			
Autosuficiencia	Capacidad del sistema de sostenerse a sí mismo a través de la generación de ciclos cerrados de materia y energía	Autoconsumo Dependencia en insumos externos	visita	sí/no sí/no
Alternativas de comercialización y producción	Estrategias de las familias para el intercambio y con el exterior del sistema, generando redes de ganar-ganar con los actores involucrados	Diversidad de estrategias de comercialización Puntos de venta	taller participativo y entrevista no estructurada taller participativo y entrevista no estructurada	muchas/ pocas/ una o ninguna locales y externas/ locales o externas / ninguna
Empleo	Redes y estrategias utilizadas para la generación de ingresos y flujos económicos para las familias dentro del sistema, en relación con la comunidad y con el exterior	Empleos locales Participación de la familia Remuneración de la familia Apoyos solidarios (faenas/medias/trueques) Redes de apoyo	encuesta encuesta encuesta entrevista no estructurada encuesta	La mayoría son de fuera/ la mitad son de la comunidad/ la mayoría o todos son locales/ Sí/no Las actividades que realiza la familia se remunera de alguna forma? Sí/No Muchos/pocos/nada Sí/no
Organización	Formas de interacción, planeación, distribución y toma de decisiones de las personas respecto al manejo del sistema	Reparto de bienes Participación en la toma de decisiones	encuesta entrevista no estructurada	Muy diferenciado/diferenciado/equitativo Céntrica Vertical/Vertical por grupos/Circular u horizontal
Equidad de género	Igualdad de oportunidades y derechos para las	equidad laboral	encuesta	Porcentaje

	mujeres que participan en las actividades vinculadas a la producción y manejo del agroecosistema	equidad en la distribución de bienes equidad en la toma de decisiones	encuesta entrevista no estructurada	Porcentaje Porcentaje

Elaboración propia.

TABLAS DE CRITERIOS E INDICADORES UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS MULTICRITERIO

Tabla. Criterios de Evaluación

CRITERIOS	DESCRIPCIÓN
Satisfacción laboral	Sensación de bienestar y cumplimiento de necesidades (alimentos, seguridad, placer, recreación, realización) que se obtiene como producto y durante el trabajo
Relación costo-beneficio	Valor monetario o beneficio resultado del balance entre las salidas, costos, inversiones y las entradas, utilidades o ganancias
Perturbación ambiental	Emisión de GEI, partículas, sustancias volátiles o contaminantes atmosféricos, líquidos y sólidos que contribuyan al calentamiento global, la degradación ambiental, la contaminación y la aceleración del cambio climático
Calidad de suelo	Diagnóstico del suelo y su capacidad ecológica y productiva con base en el estado de sus propiedades físicas, químicas y biológicas
Manejo de suelo	Técnicas, herramientas, conocimientos, métodos y formas de conservación, protección y cuidado del equilibrio, composición, estructura y microbiología del suelo
Salud del ecosistema	Diagnóstico del ecosistema y su capacidad de carga, resistencia y resiliencia, con base en el estado de sus elementos, relaciones y atributos sistémicos
Manejo del ecosistema	Técnicas, herramientas, conocimientos, métodos y formas de conservación, protección y cuidado del equilibrio sistémico, su composición, estructura y atributos
Prácticas de conservación	Técnicas, herramientas, métodos y formas de conservación, protección y cuidado del ambiente, que permiten la prevención, adaptación y mitigación a perturbaciones, fenómenos naturales y efectos producidos por la contaminación y el cambio climático
Equidad	Centralización en el poder, responsabilidad y posibilidades de decisión, manejo y aprovechamiento del sistema, así como el acceso a los modos y medios de producción, consumo y comercialización
Autosuficiencia	Capacidad del sistema de sostenerse a sí mismo a través de la generación de ciclos cerrados de materia y energía, derivados de la interconectividad entre las prácticas de uso social, manejo y aprovechamiento ecosistémico
Recursos humanos	Conocimientos, saberes, habilidades y capacidades humanas para la solución de problemas, prevención y adaptación a cambios
Recursos económicos	Acceso a diversos medios y modos de producción y comercialización apropiados a los actores involucrados en el sistema para la satisfacción justa de sus necesidades y el mantenimiento sostenible de las actividades y elementos de donde se obtienen los beneficios

Tabla. Indicadores de Sustentabilidad

INDICADORES	DESCRIPCIÓN
Percepción de beneficios	Grado de bienestar percibido a partir de los servicios ambientales, culturales, económicos, psicológicos y espirituales identificados por los campesinos en su interacción con la naturaleza y el trabajo de campo Escala: +++ Alto ++ medio + bajo 0 ninguno

Percepción de riesgos	Grado de vulnerabilidad percibida en el agroecosistema, tanto ambiental como cultural, económico, psicológico y espiritual identificado por los campesinos. Escala: 0 ninguno - riego o perjuicio bajo -- riesgo o perjuicio medio --- riesgo o perjuicio alto
Perspectivas a futuro	Grado de esperanza de crecimiento, desarrollo, oportunidades y bienestar a futuro a partir de la forma de producción y aprovechamiento actual de los agroecosistemas Escala: +++ Muy bueno ++ bueno + regular 0 ninguna - malo -- muy malo --- desastre
Rendimientos	Porcentaje del cultivo que se desarrolló dentro del rango de características esperadas y pudo aprovecharse para autoconsumo o fines comerciales, considerando la resta del porcentaje del cultivo que no se desarrolló, se dañó, o no pudo ser aprovechado. Escala: 0-100%
Ingresos al año	Grado de generación de ingresos netos por año a partir de la producción en los agroecosistemas y las actividades derivadas de ésta Escala: +++ Altos ++ regulares + bajos 0 ninguno - pérdida parcial -- pérdida constante --- pérdida total
Ahorros al año	Grado de generación de ahorros por la producción en los agroecosistemas y las actividades derivadas de ésta Escala: +++ Altos ++ regulares + bajos 0 ninguno - deuda parcial -- deuda constante --- deuda significativa
Contribución al calentamiento global	Grado de presencia y uso de fuentes combustibles fósiles para las actividades de producción (tractor, equipo, máquinas, transporte, sustancias) Escala: ---- Muy alto --- Alto -- Medio - Bajo 0 Nulo
Contaminación de suelo, agua y aire	Cantidad de agroquímicos aplicados, con riesgos a la salud humana y ecosistémica Escala: ----- Incrementando ---- Mucho --- Regular -- Poco - Decreciendo 0 Nulo
Residuos	Clasificación de los desechos generados en el ciclo de producción y aprovechamiento de los agroecosistemas

	Escala: -- Tóxicos químicos - Inorgánicos no reciclables 0 Inorgánicos reciclables + Ninguno ++ Orgánicos compostables
Presencia de M.O.	Porcentaje de materia orgánica presente en la estructura del suelo considerando los primeros 30cm de profundidad (mínimo espacio requerido para sembrar y permitir el desarrollo de los cultivos) Escala: 0-100%
Presencia de microorganismos	Presencia de actividad biológica derivada de la existencia de materiales con nitrógeno y carbono en biodegradación que forman parte de la materia orgánica del suelo Escala: sí/no
Diversidad de nutrientes	Riqueza y abundancia de nutrientes encontrados en la materia orgánica, solubles en agua y volátiles presentes en la estructura del suelo, considerando los primeros 30cm de profundidad. Escala: ++++ Alta +++ Media alta ++ Media + Media baja 0 Baja o nula
Acidez	Grado de acidez o alcalinidad de la tierra, considerando los primeros 30cm de profundidad, de acuerdo a la escala de pH Escala: + pH neutro (pH=7) 0 poco ácida o alcalina (pH=6,8) - muy ácida o alcalina (6>pH>8)
Permeabilidad	Capacidad del suelo de permitir la infiltración de agua, y la velocidad en la que ésta se introduce en el manto freático. Escala: ++ Buena o permeable + Regularmente permeable 0 Difícilmente permeable - Impermeable o drenadora -- Muy impermeable o drenadora
Aireación	Presencia de oxígeno en la estructura del suelo, presentada en forma de poros, a partir de la estructura mineral y orgánica del suelo, considerando los primeros 30cm de profundidad. Escala ++ Alta + Media alta 0 Media - Media baja -- Baja
Capacidad de retención de agua	Capacidad del suelo de mantener húmeda la superficie por más tiempo (considerando los primeros 30cm de profundidad) Escala: ++ Alta + Media alta 0 Media - Media baja -- Baja
Erosión	Tendencia del suelo a ser removido o arrastrado por factores ambientales o biológicos, como el viento, agua o animales

	Escala: --- muy propenso a erosión -- propenso a erosión - poco propenso a erosión 0 sin erosión + conserva nutrientes en el suelo ++ acumula suelo y nutrientes +++ tiene ciclos regenerativos de suelo
Incorporación de M.O.	Volúmen y frecuencia de aplicación de abono natural vegetal, animal, o composta introducidos en la parcela como medio de fertilización del suelo Escala ++++ constante o cíclica +++ mucha ++ regular + poca 0 nada
Arado y volteado	Forma de labranza del suelo, equipo y herramientas utilizadas e intensidad de su realización (frecuencia, fuerza, profundidad e impacto) Escala: suelo sin picar o poco arado arado manual frecuente arado manual y volteo frecuente yunta o máquina artesanal frecuente maquinaria o tractor frecuente
Cobertura del suelo	Aplicación o existencia de acolchados vivos o secos que protejan a la superficie del suelo de la irradiación solar, prevengan el suelo de erosión, retengan humedad, sirvan como un medio de vida para microorganismos y sean una reserva de nutrientes para el suelo a mediano plazo Escala: ++++ viva y seca natural (hojarasca y hierbas) frecuente +++ viva y seca (rastrojo y hierbas) periódica ++ seca (rastrojo) eventual +comprada (paja) 0 ninguna
Rotación de cultivos	Cambio anual o periódico de las especies cultivadas, considerando los requerimientos del suelo, su productividad y el mantenimiento de su equilibrio químico-biológico; dejando espacios temporales sin repetir el cultivo dentro de la misma área Escala: - sin rotación 0 rotación anual + rotación planeada
Deshierbe y capado	Frecuencia e intensidad en la remoción de hierbas silvestres y excedente de brotes cultivados para abrir espacio a las plantas sembradas y permitir su desarrollo en el área que necesitan ocupar Escala: -- aplicación de herbicida y tractor - aplicación de herbicida o tractor 0 sin deshierbe + con deshierbe ++ deshierbe periódico
Cajoneado y fertilización	Frecuencia e intensidad de aplicación de abonos o fertilizantes para la siembra anual y el manejo de los surcos, independientemente del tipo de insumos utilizados Escala: sin cajoneado y fertilización fertilización al inicio y cajoneado fertilización ocasional y cajoneado fertilización y cajoneado frecuente fertilización constante o cíclico

Uso de maquinaria	Presencia de maquinaria pesada para el arado de la tierra, que provoque compactación del suelo Escala: sí/no
Manejo de microbiología	Uso de técnicas y preparados para el cuidado y mantenimiento de la vida en el suelo a partir de la aplicación de nutrientes, forma de arado, conservación de humedad y protección a la irradiación solar directa Escala: --Roturación del suelo y compactación con tractor -Suelo desnudo y arado constante 0 Sin manejo o abonos naturales + Coberturas vivas o acolchados y/o abonos naturales ricos en carbono ++ Coberturas vivas y/o acolchados, y abonos naturales ricos en carbono
Plagas y enfermedades	Presencia de bacteriosis, virus o insectos y fauna que afecten los rendimientos, salud, estado y desarrollo de los cultivos, y/o amenacen el equilibrio, ciclos, cadenas y estructura del sistema. Escala: ----- Diversos tipos de plaga y enfermedad, en todos los estratos ---- Diversos tipos de plagas y enfermedad en algunos estratos --- Diversos tipos de plagas y enfermedad en un estrato -- Diversos tipos de plaga y enfermedad en unos cultivos - Algunos o un tipo de plaga y/o enfermedad 0 Ninguno
Deficiencia de nutrientes en plantas	Presencia de signos y síntomas en las hojas, frutos, troncos, suelo o estructura de las plantas, que indican falta de uno o más nutrientes, que puede reflejarse en su coloración, debilidad, resistencia a factores climáticos, crecimiento, forma o la presencia de indicadores biológicos, y afecta el desarrollo de la planta Escala: --- Deficiencias en todos los estratos -- Deficiencia en algunos estratos - Deficiencia en algunos cultivos 0 Pocas o ninguna
Productividad	Capacidad de los cultivos de producir semillas, frutos y follaje, de forma permanente o cíclica, y que se manifiesta en la abundancia de cosechas o biomasa, el tamaño y calidad de sus frutos, semillas y hojas, la velocidad, tamaño y frecuencia de sus producciones y la riqueza en nutrientes (olor, sabor, color, textura, agua) de sus productos Escala: +++++Producción abundante, frecuente y rica ++++ Producción abundante o frecuente y rica +++ Producción abundante y frecuente ++ Producción abundante o frecuente + Producción poco abundante o frecuente 0 Sin producción
Interconectividad	El agroecosistema presenta interconexión entre los subsistemas que lo conforman a través de flujos e intercambios de materia y energía en cíclicos cerrados, lo cual permite su autosuficiencia y resistencia a factores externos. Escala: ++++ conectividad e intercambio entre todos los subsistemas y elementos del sistema +++ conectividad e intercambio entre varios subsistemas y elementos del sistema ++ conectividad e intercambio entre algunos los subsistemas y elementos del sistema + conectividad e intercambio entre los elementos de los subsistemas 0 No hay conectividad o intercambio
Conectividad	El ecosistema presenta intercambios de materia y energía recíprocos con el sistema social y económico con el que interactúa (comunidad, familias, comercio) lo cual ayuda a mantener su diversidad y resiliencia Escala: conectividad recíproca con todos los sistemas entradas y salidas del sistema no equilibradas entradas y salidas del sistema unilaterales

	sólo entradas o salidas del sistema sólo entradas o salidas unilaterales del sistema sin entradas o salidas del sistema
Agentes biológicos	Presencia de insectos y fauna que contribuyen a los ciclos biológicos, ecológicos y productivos del agroecosistema Escala: ++++ Polinizadores, fijadores y descomponedores, hongos y control biológico de plagas +++ Polinizadores, fijadores y descomponedores, hongos ++ Fijadores y descomponedores, hongos + Fijadores y descomponedores 0 Ninguno
Indicadores biológicos	Presencia de insectos, hongos y fauna que indican el grado de salud del ecosistema Escala: +++ Endémicos, especialistas y generalistas ++ Especialistas y generalistas + Generalistas 0 Ninguno
Diversidad	Riqueza y abundancia biológica en un área y temporalidad determinados
Diversidad genética	Número de variedades de semilla por especie cultivada, así como de formas de reproducción Escala: numérica decimal
Diversidad productiva	Número de especies cultivadas por parcela, considerando los distintos estratos del agroecosistema Escala: numérica decimal
Diversidad natural	Vegetación nativa silvestre en diferentes estratos y temporalidades de la parcela Escala: 0 nula + poca ++ regular +++ abundante
Consumo de agua	Frecuencia de suministro de agua utilizada para el riego de los cultivos Escala: ordinal Lluvias de temporada Lluvia de temporada y riego el resto del año Riego todo el año
Asociación de cultivos	Existencia de relación simbiótica entre cultivos, ya sea por planificación o naturalmente Escala: ordinal milpa o bosque comestible con especies perenne milpa o bosque comestible anual policultivo diferentes variedades de una sp monocultivo
Manejo de plagas	Técnicas aplicadas para prevenir y mitigar la presencia de plagas y enfermedades de las plantas y suelo en la parcela Escala: ordinal aplicación de pesticidas sin manejo aplicación de biopreparados control biológico uso de diversas técnicas
Estratificación	Aprovechamiento de los distintos estratos dentro de una misma área de producción Escala: ordinal un estrato

	dos estratos tres o más estratos
Cadenas tróficas y energéticas	Los flujos de materiales y energía respetan los principios de bioacumulación y cadenas trófico-energéticas para mantener su equilibrio y eficientar los ciclos sistémicos Escala: ++++ cíclicos y periódicos +++ respeta varios eslabones de las cadenas ++ respeta algunos eslabones de las cadenas + lineales o respeta pocos eslabones de las cadenas 0 no hay flujos trófico-energéticos
Conectores biológicos	Presencia de caminos, corredores, brechas o islas de vegetación que permitan la interacción, reproducción e intercambio genético de los agentes biológicos del agroecosistema Escala: +++ Dentro de la parcela, en los márgenes y en relictos cercanos de vegetación nativa sin perturbar ++ Dentro de la parcela y los márgenes o en relictos cercanos de vegetación nativa sin perturbar + Dentro de la parcela o en los márgenes o en relictos cercanos de vegetación nativa sin perturbar 0 No hay
Aprovechamiento	Se utilizan diversas partes y derivados de las plantas, fauna y hongos que habitan en la parcela para consumo, producción, comercialización o manejo Escala: Se aprovechan en totalidad Se aprovecha más de la mitad Se aprovecha la mitad Se aprovechan pocos Sólo se aprovecha lo producido
Manejo de agua	Sistema de proporción de agua a los cultivos
Fuente de riego	Medio de suministro de agua, considerando su calidad y fuente de aplicación Escala: - Río de agua negra 0 riego de pozo + lluvia
Técnicas de Riego	Cuando se aplica riego a las parcelas, en qué forma se aplica el suministro de agua Escala: lluvia riego por goteo riego matutino riego durante el día riego automático
Manejo de semilla y reproducción de plantas	Uso de técnicas para seleccionar, almacenar, mejorar y diversificar las variedades de semillas utilizadas en la producción, así como de métodos de reproducción de plantas Escala: ++++ Diversos métodos de reproducción de plantas y manejo de semilla +++ Algunos métodos de reproducción de plantas y manejo de semilla ++ Pocos métodos de reproducción de plantas y manejo de semilla + Manejo de semilla 0 No se reproduce o maneja
Manejo de erosión	Presencia de técnicas de retención de suelo, para la prevención y mitigación del arrastre de nutrientes (retenes, mampostería, cobertura) Escala: ++ Diferentes métodos de retención + Un método de retención 0 sin retención

Retención de agua	Presencia de técnicas de captación y retención de humedad, para eficientar el uso del recurso hídrico (zanjas, canales, bordes) Escala: ++ Diferentes métodos de captación + Un método de captación 0 Sin captación
Conservación de la semilla	Uso de técnicas para manejo y mejora de semilla criolla, su intercambio y reproducción para la conservación de material genético originario Escala: 0 no hay + algunas variedades ++entre vecinos +++comunitario ++++regional
Protección de fauna	Espacios de resguardo que permitan la conservación y reproducción de especies de hongos, insectos y fauna silvestre y migratoria dentro o cerca de las parcelas Escalas: +++++ Bosques o ecosistemas nativos, ríos ++++ Relictos de ecosistemas nativos, ríos +++ Árboles nativos o frutales y vegetación arbustiva ++ Árboles nativos o frutales y hierbas + Percas, arbustos, construcciones 0 Ninguno
Polinización	Sembrado de flores y especies aromáticas atractivas para insectos y fauna que participe en los proceso de polinización, así como en el control biológico para el equilibrio del agroecosistema Escala: +++++ diversas flores y aromáticas ++++ varias flores y aromáticas +++ algunas flores y aromáticas ++ pocas flores y aromáticas + una sola especie de flor 0 ninguna
Organización	Grado de centralización o participación en la decisión de las formas de manejo de los agroecosistemas y el reparto de bienes, costos y beneficios Escala: ordinal Céntrica Vertical Vertical por grupos Circular u horizontal
Distribución	Grado de equidad en el reparto de las cosechas considerando a los participantes en las actividades de producción y toma de decisiones Escala: -- Centralizado - Muy diferenciado 0 diferenciado + dividido ++ equitativo
Equidad de género	Grado de participación y oportunidad de las mujeres en la toma de decisiones respecto al manejo de las parcelas, el trabajo y el reparto de bienes Escala: --- Centralizado -- Muy diferenciado - diferenciado 0 cambiante + aceptado ++ flexible o dialogado +++ justo o equitativo
Autoconsumo	Uso directo de una parte o la totalidad de la producción dentro de los ciclos domésticos de las familias de los campesinos en diversas áreas (cocina, curación, animales)

	Escala: La mayor parte de la producción es para autoconsumo, el excedente se comercializa Se autoconsume la totalidad de la producción Mitad de la producción es para autoconsumo y mitad para comercializarlo La mayor parte de la producción se comercializa, una parte se consume Se destina únicamente a comercialización
Dependencia en insumos externos	Porción de insumos utilizados en la parcela que tienen orígen en fuentes externas a la localidad y el agroecosistema Escala: Todos La mayor parte La mitad Pocos Ninguno
Transporte	Distancia y medio de traslado de los insumos utilizados para la producción en las parcelas, su cosecha y distribución o comercialización en los puntos de venta Escala: --- Mucho -- Regular - Poco 0 Nada
Mano de obra	Empleos pagados generados para la comunidad a partir de las actividades de producción de cada parcela Escala: La mayoría son de fuera la mitad son de la comunidad la mayoría o todos son locales
Redes de apoyo	Variedad de fuentes de apoyo adicionales a los empleados para la producción de las parcelas Escala: Regional Comunitario Vecinos Familia Una o ninguna
Apoyos solidarios (faenas/medias/trueque)	Uso de apoyos comunitarios, institucionales o de organizaciones que no implican un costo o retribución para las actividades de producción y manejo del agroecosistema Escala: ++++ Varias constantes +++ Una constante o varias ocasionales ++ Algunas ocasionales + Al menos una ocasional 0 Ninguna
Participación de la familia	La familia participa en las actividades de producción de cada parcela Escala: ++++ En la toma de decisiones, reparto y trabajo +++ En la toma de decisiones y reparto ++ En el reparto y trabajo + En el trabajo 0 No participa
Remuneración de la familia	Las actividades de trabajo que realiza la familia se remunera de alguna forma? Escala: Sí/No
Recursos culturales	Técnicas, instrumentos y conocimientos tradicionales utilizados en el manejo de las parcelas

	Escala: ++++ En diversas formas integradas +++ En varios subsistemas ++ En la parcela y los animales + En la parcela 0 Ninguno
Capacidad de innovación	Herramientas y métodos nuevos generados por los campesinos para eficientar y facilitar el trabajo o manejo de agroecosistemas, adaptando sus saberes y conocimientos tradicionales, así como su creatividad individual a las condiciones y contextos actuales Escala: En diversas formas (manejo integral) En estrategias de adaptación, prevención o mitigación En resolución de problemas En instrumentos y herramientas En insumos y materiales En técnicas y métodos
Estrategias de comercialización	Diversidad en las formas de venta de las cosechas destinadas a comercialización (por mayoreo, menudeo, intercambio) Escala: Diversas formas de comercialización Mayoreo y menudeo Sólo menudeo Sólo mayoreo
Alternativas de comercialización	Diversidad de puntos de venta en relación con su cercanía a la localidad y rentabilidad de las ventas de la cosecha destinada a comercialización Escala: Puntos de venta locales y externos Sólo puntos de venta locales Sólo puntos de venta externos Intermediarios
Transformación del producto	Grado y diversidad de las formas de presentación de las cosechas destinadas a comercialización, que implica un valor agregado (transformadas o crudas) Escala: La totalidad de los productos son transformados con un valor agregado en diversas formas La mayoría de los productos son transformados con un valor agregado en diversas formas La mitad de los productos son transformados con un valor agregado en diversas formas Sólo una porción de los productos son transformados con un valor agregado en diversas formas e transforma una parte o totalidad de la producción en una forma con valor agregado No hay transformación de la producción
Medios de transformación	Contar con el capital necesario para la transformación de productos e insumos para la comercialización o manejo de las parcelas a nivel local Escala: 0 No hay capital en la comunidad o pueblos cercanos + El medio de transformación de productos se encuentra en pueblos vecinos, que son los propietarios ++ El medio de transformación de productos se encuentra en pueblos vecinos, pero se comparte o existen acuerdos de intercambio y uso +++ El medio de transformación de productos se encuentra en la comunidad ++++ El medio de transformación de productos se encuentra en la comunidad y existen acuerdos de intercambio y uso +++++ El campesino, sus vecinos o familia son propietarios de sus medios de transformación y los comparten

Tabla. Integración de atributos, criterios e indicadores.

ATRIBUTOS	CRITERIOS	INDICADORES	MEDICIÓN	ESCALA

Productividad Estabilidad Confiabilidad Resiliencia Adaptabilidad Autogestión Equidad	Satisfacción laboral	Percepción de beneficios	Encuesta	+++ Alto ++ medio + bajo 0 ninguno
		Percepción de riesgos	Encuesta	0 ninguno - riesgo o perjuicio bajo -- riesgo o perjuicio medio --- riesgo o perjuicio alto
		Perspectivas a futuro	Encuesta	+++ Muy bueno ++ bueno + regular 0 ninguna - malo -- muy malo --- desastre
	Relación costo-beneficio	Rendimientos	Visita	0-100%
		Ingresos al año	Entrevista	+++ Altos ++ regulares + bajos 0 ninguno - pérdida parcial -- pérdida constante --- pérdida total
		Ahorros al año	Entrevista	+++ Altos ++ regulares + bajos 0 ninguno - deuda parcial -- deuda constante --- deuda significativa
	Perturbación ambiental	Contribución al calentamiento global	Observación	---- Muy alto --- Alto -- Medio - Bajo 0 Nulo
		Contaminación de suelo, agua y aire	Observación	----- Incrementando ---- Mucho --- Regular -- Poco - Decreciendo 0 Nulo
		Residuos	Visita	-- Tóxicos químicos - Inorgánicos no reciclables 0 Inorgánicos reciclables + Ninguno ++ Orgánicos compostables
	Calidad de suelo	Presencia de M.O.	Muestreo	0-100%
		Presencia de microorganismos	Muestreo	sí/no
		Diversidad de nutrientes	Muestreo	++++ Alta +++ Media alta ++ Media + Media baja 0 Baja o nula
		Acidez	Muestreo	+ pH neutro (pH=7) 0 poco ácida o alcalina (pH=6,8) - muy ácida o alcalina (6>pH>8)

		Permeabilidad	Muestreo	++ Buena o permeable + Regularmente permeable 0 Difícilmente permeable - Impermeable o drenadora -- Muy impermeable o drenadora
		Aireación	Muestreo	++ Alta + Media alta 0 Media - Media baja -- Baja
		Capacidad de retención de agua	Muestreo	++ Alta + Media alta 0 Media - Media baja -- Baja
		Erosión	Muestreo	--- muy propenso a erosión -- propenso a erosión - poco propenso a erosión 0 sin erosión + conserva nutrientes en el suelo ++ acumula suelo y nutrientes +++ tiene ciclos regenerativos de suelo
	Manejo de suelo	Incorporación de M.O.	Visita	++++ constante o cíclica +++ mucha ++ regular + poca 0 nada
		Arado y volteado	Observación	Suelo sin picar o poco arado arado manual frecuente arado manual y volteo frecuente yunta o máquina artesanal frecuente maquinaria o tractor frecuente
		Cobertura del suelo	Observación	++++ viva y seca natural (hojarasca y hierbas) frecuente +++ viva y seca (rastrojo y hierbas) periódica ++ seca (rastrojo) eventual +comprada (paja) 0 ninguna
		Rotación de cultivos	Entrevista	- sin rotación 0 rotación anual + rotación planeada
		Deshierbe y capado	Entrevista	-- aplicación de herbicida y tractor - aplicación de herbicida o tractor 0 sin deshierbe + con deshierbe ++ deshierbe periódico
		Cajoneado y fertilización	Entrevista	sin cajoneado y fertilización fertilización al inicio y cajoneado fertilización ocasional y cajoneado fertilización y cajoneado frecuente fertilización constante o cíclico
		Uso de maquinaria	Observación	sí/no
		Manejo de microbiología	Visita	--Roturación del suelo y compactación con tractor -Suelo desnudo y arado constante 0 Sin manejo o abonos naturales + Coberturas vivas o acolchados y/o abonos naturales ricos en carbono

				++ Coberturas vivas y/o acolchados, y abonos naturales ricos en carbono
	Salud del ecosistema	Plagas y enfermedades	Observación	----- Diversos tipos de plaga y enfermedad, en todos los estratos ---- Diversos tipos de plagas y enfermedad en algunos estratos --- Diversos tipos de plagas y enfermedad en un estrato -- Diversos tipos de plaga y enfermedad en unos cultivos - Algunos o un tipo de plaga y/o enfermedad 0 Ninguno
		Deficiencia de nutrientes en plantas	Observación	--- Deficiencias en todos los estratos -- Deficiencia en algunos estratos - Deficiencia en algunos cultivos 0 Pocas o ninguna
		Productividad	Entrevista	+++++Producción abundante, frecuente y rica ++++ Producción abundante o frecuente y rica +++ Producción abundante y frecuente ++ Producción abundante o frecuente + Producción poco abundante o frecuente 0 Sin producción
		Interconectividad	Visita	++++ conectividad e intercambio entre todos los subsistemas y elementos del sistema +++ conectividad e intercambio entre varios subsistemas y elementos del sistema ++ conectividad e intercambio entre algunos los subsistemas y elementos del sistema + conectividad e intercambio entre los elementos de los subsistemas 0 No hay conectividad o intercambio
		Conectividad	Visita	conectividad recíproca con todos los sistemas entradas y salidas del sistema no equilibradas entradas y salidas del sistema unilaterales sólo entradas o salidas del sistema sólo entradas o salidas unilaterales del sistema sin entradas o salidas del sistema
		Agentes biológicos	Observación	++++ Polinizadores, fijadores y descomponedores, hongos y control biológico de plagas +++ Polinizadores, fijadores y descomponedores, hongos ++ Fijadores y descomponedores, hongos + Fijadores y descomponedores 0 Ninguno
		Indicadores biológicos	Observación	+++ Endémicos, especialistas y generalistas ++ Especialistas y generalistas + Generalistas 0 Ninguno
		Diversidad genética	Entrevista	Cantidad
		Diversidad productiva	Entrevista	Cantidad

		Diversidad natural	Entrevista	0 nula + poca ++ regular +++ abundante
		Consumo de agua	Encuesta	Lluvias de temporada Lluvia de temporada y riego el resto del año Riego todo el año
	Manejo del ecosistema	Asociación de cultivos	Observación	milpa o bosque comestible con especies perenne milpa o bosque comestible anual policultivo diferentes variedades de una sp monocultivo
		Manejo de plagas	Entrevista	aplicación de pesticidas sin manejo aplicación de biopreparados control biológico uso de diversas técnicas
		Estratificación	Observación	un estrato dos estratos tres o más estratos
		Cadenas tróficas y energéticas	Observación	++++ cíclicos y periódicos +++ respeta varios eslabones de las cadenas ++ respeta algunos eslabones de las cadenas + lineales o respeta pocos eslabones de las cadenas 0 no hay flujos trófico-energéticos
		Conectores biológicos	Entrevista	+++ Dentro de la parcela, en los márgenes y en relictos cercanos de vegetación nativa sin perturbar ++ Dentro de la parcela y los márgenes o en relictos cercanos de vegetación nativa sin perturbar + Dentro de la parcela o en los márgenes o en relictos cercanos de vegetación nativa sin perturbar 0 No hay
		Aprovechamiento	Visita	Se aprovechan en totalidad Se aprovecha más de la mitad Se aprovecha la mitad Se aprovechan pocos Sólo se aprovecha lo producido
		Fuente de riego	Entrevista	- Río de agua negra 0 riego de pozo + lluvia
		Técnicas de Riego	Observación	lluvia riego por goteo riego matutino riego durante el día riego automático
		Manejo de semilla y reproducción de plantas	Entrevista	++++ Diversos métodos de reproducción de plantas y manejo de semilla +++ Algunos métodos de reproducción de plantas y manejo de semilla ++ Pocos métodos de reproducción de plantas y manejo de semilla + Manejo de semilla 0 No se reproduce o maneja

	Prácticas de conservación	Manejo de erosión	Observación	++ Diferentes métodos de retención + Un método de retención 0 sin retención
		Retención de agua	Observación	++ Diferentes métodos de captación + Un método de captación 0 Sin captación
		Conservación de la semilla	Entrevista	0 no hay + algunas variedades ++entre vecinos +++comunitario ++++regional
		Protección de fauna	Observación	+++++ Bosques o ecosistemas nativos, ríos ++++ Relictos de ecosistemas nativos, ríos +++ Árboles nativos o frutales y vegetación arbustiva ++ Árboles nativos o frutales y hierbas + Percas, arbustos, construcciones 0 Ninguno
		Polinización	Observación	+++++ diversas flores y aromáticas ++++ varias flores y aromáticas +++ algunas flores y aromáticas ++ pocas flores y aromáticas + una sola especie de flor 0 ninguna
	Equidad	Organización	Taller	Céntrica Vertical Vertical por grupos Circular u horizontal
		Distribución	Taller	-- Centralizado - Muy diferenciado 0 diferenciado + dividido ++ equitativo
		Equidad de género	Taller	--- Centralizado -- Muy diferenciado - diferenciado 0 cambiante + aceptado ++ flexible o dialogado +++ justo o equitativo
	Autosuficiencia	Autoconsumo	Visita	La mayor parte de la producción es para autoconsumo, el excedente se comercializa Se autoconsume la totalidad de la producción Mitad de la producción es para autoconsumo y mitad para comercializarlo La mayor parte de la producción se comercializa, una parte se consume Se destina únicamente a comercialización
		Dependencia en insumos externos	Entrevista y observación	Todos La mayor parte La mitad Pocos Ninguno
		Transporte	EntrevistaEncuesta	--- Mucho -- Regular - Poco 0 Nada
	Recursos humanos	Mano de obra	Encuesta	La mayoría son de fuera la mitad son de la comunidad

				la mayoría o todos son locales
		Redes de apoyo	Encuesta	Regional Comunitario Vecinos Familia Una o ninguna
		Apoyos solidarios (faenas/medias/trueque)	Visita	++++ Varias constantes +++ Una constante o varias ocasionales ++ Algunas ocasionales + Al menos una ocasional 0 Ninguna
		Participación de la familia	Encuesta	++++ En la toma de decisiones, reparto y trabajo +++ En la toma de decisiones y reparto ++ En el reparto y trabajo + En el trabajo 0 No participa
		Remuneración de la familia	Encuesta	Sí/No
		Recursos culturales	Entrevista	++++ En diversas formas integradas +++ En varios subsistemas ++ En la parcela y los animales + En la parcela 0 Ninguno
		Capacidad de innovación	Entrevista	En diversas formas (manejo integral) En estrategias de adaptación, prevención o mitigación En resolución de problemas En instrumentos y herramientas En insumos y materiales En técnicas y métodos
	Recursos económicos	Estrategias de comercialización	Taller	Diversas formas de comercialización Mayoreo y menudeo Sólo menudeo Sólo mayoreo
		Alternativas de comercialización	Taller	Puntos de venta locales y externos Sólo puntos de venta locales Sólo puntos de venta externos Intermediarios
		Transformación del producto	Taller	La totalidad de los productos son transformados con un valor agregado en diversas formas La mayoría de los productos son transformados con un valor agregado en diversas formas La mitad de los productos son transformados con un valor agregado en diversas formas Sólo una porción de los productos son transformados con un valor agregado en diversas formas e transforma una parte o totalidad de la producción en una forma con valor agregado No hay transformación de la producción
		Medios de transformación	Taller y entrevista	0 No hay capital en la comunidad o pueblos cercanos + El medio de transformación de productos se encuentra en pueblos vecinos, que son los propietarios ++ El medio de transformación de

				productos se encuentra en pueblos vecinos, pero se comparte o existen acuerdos de intercambio y uso +++ El medio de transformación de productos se encuentra en la comunidad ++++ El medio de transformación de productos se encuentra en la comunidad y existen acuerdos de intercambio y uso +++++ El campesino, sus vecinos o familia son propietarios de sus medios de transformación y los comparten

CURVAS DE ESTANDARIZACIÓN DE INDICADORES

Estandarización de Acidez

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:16*

Standardize "Acidez"
Standardization method: maximum

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Acidez	-/+		-	0	+
			0.00	0.50	1.00

Estandarización de Agentes biológicos

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S2 *27/11/2021 16:15*

Standardize "Agentes biológicos"

Standardization method: concave

Minimum: 0
Maximum: ++++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Agentes biológicos	0/++++	0	+	+++
		0.00	0.45	0.90

Estandarización de Ahorros al año

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 14:53*

Standardize "Ahorros al año"

Standardization method: maximum

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Ahorros al año	---/+++	0	++	+++
		0.50	0.83	1.00

Estandarización de Aireación

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S2 *27/11/2021 16:07*

Standardize "Aireación"
Standardization method: S-shape

Minimum: --
Maximum: ++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Aireación		--/++	0	0	++
			0.30	0.30	1.00

Estandarización de Apoyos Solidarios

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:32*

Standardize "Apoyos solidarios (faenas/medias/trueque)"
Standardization method: maximum

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Apoyos solidarios (faenas/medias/trueque)	0/++++	0	+++	++++
		0.00	0.75	1.00

Estandarización de cadenas Tróficas y energéticas

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:28*

Standardize "Cadenas tróficas y energéticas"

Standardization method: concave

Minimum: 0
Maximum: ++++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Cadenas tróficas y energéticas	0/++++	0	++	++++
		0.00	0.70	1.00

Estandarización de Capacidad de Retención de Agua

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S2 *27/11/2021 16:08*

Standardize "Capacidad de retención de agua"

Standardization method: S-shape

Minimum: --
Maximum: ++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Capacidad de retención de agua	--/++		--	0	+
			0.00	0.40	0.90

Estandarización de Cobertura de suelo

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:22*

Standardize "Cobertura de suelo"
Standardization method: concave

Minimum: 0
Maximum: ++++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Cobertura de suelo	0/++++	0	++	++++
		0.00	0.70	1.00

Estandarización de Conectores biológicos

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:28*

Standardize "Conectores biológicos"

Standardization method: concave

Minimum: 0
Maximum: +++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Conectores biológicos		0/+++	0	++	+++
			0.00	0.80	1.00

Estandarización de Conservación de la semilla

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:30*

Standardize "Conservación de la semilla"
Standardization method: concave

Minimum: 0
Maximum: ++++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Conservación de la semilla	0/++++	+	++	++++
		0.42	0.70	1.00

Estandarización de Contaminación de suelo, agua y aire

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S2 *27/11/2021 16:02*

Standardize "Contaminación de suelo, agua y aire"

Standardization method: convex

Minimum: -----
Maximum: 0

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Contaminación de suelo, agua y aire		-----/0	----	--	0
			0.09	0.40	1.00

Estandarización de Contribución al calentamiento global

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S2 *27/11/2021 16:02*

Standardize "Contaminación de suelo, agua y aire"
Standardization method: convex

Minimum: -----
Maximum: 0

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Contaminación de suelo, agua y aire	-----/0	----	--	0
		0.09	0.40	1.00

Estandarización de Deficiencia de nutrientes en plantas

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:24*

Standardize "Deficiencia de nutrientes en plantas"
Standardization method: convex

Minimum: ---
Maximum: 0

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Deficiencia de nutrientes en plantas	---/0		---	--	0
			0.00	0.20	1.00

Estandarización de Deshierbe y capado

Standardize "Deshierbe y capado"

Standardization method: S-shape

Minimum: --
Maximum: ++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Deshierbe y capado	--/++	--	+	++
		0.00	0.90	1.00

Estandarización de Distribución

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S2 *27/11/2021 16:11*

Standardize "Deshierbe y capado"
Standardization method: S-shape

Minimum: --
Maximum: ++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Deshierbe y capado	--/++		--	+	++
			0.00	0.90	1.00

Estandarización de Diversidad de nutrientes

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:16*

Standardize "Diversidad de nutrientes"

Standardization method: concave

Minimum: 0
Maximum: ++++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Diversidad de nutrientes	0/++++	0	+	++++
		0.00	0.40	1.00

Estandarización de Diversidad genética

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:27*

Standardize "Diversidad genética"
Standardization method: concave

Minimum: 0.000 [Cantidad]
Maximum: 10.000 [Cantidad]

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Diversidad genética	B	Cantidad	2	5	10
			0.35	0.70	1.00

Estandarización de Diversidad natural

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:27*

Standardize "Diversidad natural"
Standardization method: concave

Minimum: 0
Maximum: +++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Diversidad natural		0/+++	0	+	+++
			0.00	0.50	1.00

Estandarización de Diversidad productiva

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:28*

Standardize "Diversidad productiva"

Standardization method: concave

Minimum: 0.000 [Cantidad]
Maximum: 24.000 [Cantidad]

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Diversidad productiva	B	Cantidad	1	2	24
			0.11	0.20	1.00

Estandarización de Equidad de Género

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S2 *27/11/2021 16:21*

Standardize "Equidad de género"

Standardization method: S-shape

Minimum: ---
Maximum: +++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Equidad de género	---/+++	---	--	++
		0.00	0.10	0.90

Estandarización de Erosión

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S2 *27/11/2021 16:09*

Standardize "Erosión"

Standardization method: S-shape

Minimum: ---
Maximum: +++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Erosión		---/+++	---	--	++
			0.00	0.10	0.90

Estandarización de Fuente de riego

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:29*

Standardize "Fuente de riego"

Standardization method: maximum

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Fuente de riego	-/+		-	+	+
			0.00	1.00	1.00

Estandarización de Indicadores biológicos

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S2 *27/11/2021 16:16*

Standardize "Indicadores biológicos"

Standardization method: concave

Minimum: 0
Maximum: +++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Indicadores biológicos		0/+++	0	+	++
			0.00	0.65	0.90

Estandarización de Incorporación de Materia Orgánica

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:21*

Standardize "Incorporación de M.O."
Standardization method: concave

Minimum: 0
Maximum: ++++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Incorporación de M.O.	0/++++	0	++	++++
		0.00	0.70	1.00

Estandarización de Ingresos al Año

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 14:52*

Standardize "Ingresos al año"
Standardization method: maximum

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Ingresos al año	---/+++	+++	+	0
		1.00	0.67	0.50

Estandarización de Interconectividad

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:26*

Standardize "Interconectividad"
Standardization method: concave

Minimum: 0
Maximum: ++++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Interconectividad	0/++++	0	++	++++
		0.00	0.70	1.00

Estandarización de Manejo de Erosión

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S2 *27/11/2021 16:18*

Standardize "Manejo de erosión"
Standardization method: S-shape

Minimum: 0
Maximum: ++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Manejo de erosión	0/++	0	+	++
		0.00	0.40	1.00

Estandarización de Manejo de microbiología

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S2 *27/11/2021 16:12*

Standardize "Manejo de microbiología"
Standardization method: S-shape

Minimum: --
Maximum: ++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Manejo de microbiología	--/++	--	+	++
		0.00	0.90	1.00

Estandarización de Manejo de semilla y reproducción de plantas

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:29*

Standardize "Manejo de semilla y reproducción de plantas"
Standardization method: concave

Minimum: 0
Maximum: ++++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Manejo de semilla y reproducción de plantas	0/++++	+	+	++++
		0.40	0.40	1.00

Estandarización de Medios de transformación

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:33*

Standardize "Medios de transformación"
Standardization method: maximum

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Medios de transformación	0/+++++	+	+++	+++
		0.20	0.60	0.60

Estandarización de Participación de la familia

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S2 *27/11/2021 16:22*

Standardize "Participación de la familia"
Standardization method: maximum

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Participación de la familia	0/++++	+	++	++++
		0.25	0.50	1.00

Estandarización de Percepción de beneficios

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 14:49*

Standardize "Percepción de beneficios"
Standardization method: concave

Minimum: 0
Maximum: +++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Percepción de beneficios	0/+++	++	++	+++
		0.80	0.80	1.00

Estandarización de Percepción de riesgos

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 14:50*

Standardize "Percepción de riesgos"
Standardization method: convex

Minimum: ---
Maximum: 0

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Percepción de riesgos		---/0	---	-	0
			0.00	0.40	1.00

Estandarización de Permeabilidad

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S2 *27/11/2021 16:05*

Standardize "Permeabilidad"
Standardization method: S-shape

Minimum: --
Maximum: ++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Permeabilidad	--/++		-	+	++
			0.10	0.80	1.00

Estandarización de Perspectivas a futuro

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S2 *27/11/2021 15:58*

Standardize "Perspectivas a futuro"
Standardization method: S-shape

Minimum: ---
Maximum: +++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Perspectivas a futuro	---/+++	--	+	++
		0.10	0.73	0.90

Estandarización de Plagas y enfermedades

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:24*

Standardize "Plagas y enfermedades"
Standardization method: convex

Minimum: -----
Maximum: 0

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Plagas y enfermedades	-----/0	-----	---	-
		0.00	0.27	0.70

Estandarización de Polinización

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:31*

Standardize "Polinización"
Standardization method: concave

Minimum: 0
Maximum: +++++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Polinización	0/+++++	0	+	+++
		0.00	0.35	0.78

Estandarización de Presencia de Materia Orgánica

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:16*

Standardize "Presencia de M.O."
Standardization method: goal

Minimum: 0.000 [Porcentaje]
Maximum: 30.000 [Porcentaje]

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Presencia de M.O.	B	Porcentaje	5	5	15
			0.17	0.17	0.50

Estandarización de Productividad

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S2 *27/11/2021 16:13*

Standardize "Productividad"
Standardization method: concave

Minimum: 0
Maximum: +++++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Productividad	0/+++++	+++	+	+++++
		0.82	0.40	1.00

Estandarización de Protección de fauna

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:30*

Standardize "Protección de fauna"

Standardization method: concave

Minimum: 0
Maximum: +++++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Protección de fauna	0/+++++	0	++	++++
		0.00	0.60	0.91

Estandarización de Recursos culturales

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:32*

Standardize "Recursos culturales"
Standardization method: interval

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Recursos culturales		0/++++	0	+++	++++
			0.00	0.75	1.00

Estandarización de Rendimientos

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 14:51*

Standardize "Rendimientos"
Standardization method: goal

Minimum: 0.000 [Porcentaje]
Maximum: 100.000 [Porcentaje]

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Rendimientos	B	Porcentaje	75	60	80
			0.75	0.60	0.80

Estandarización de Residuos

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:15*

Standardize "Residuos"
Standardization method: maximum

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Residuos	--/++	--	++	++
		0.00	1.00	1.00

Estandarización de Retención de agua

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:30*

Standardize "Retención de agua"

Standardization method: S-shape

Minimum: 0
Maximum: ++

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Retención de agua		0/++	0	+	++
			0.00	0.40	1.00

Estandarización de Rotación de cultivos

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:22*

Standardize "Rotación de cultivos"

Standardization method: S-shape

Minimum: -
Maximum: +

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Rotación de cultivos	-/+		-	0	+
			0.00	0.50	1.00

Estandarización de Transporte

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S1 *27/11/2021 15:32*

Standardize "Transporte"
Standardization method: maximum

Effects table after columns with weight, Standardized table on even rows

	C/B	Unit	Convencional	Mixto	Tradicional
Transporte	---	/0	--	-	--
			0.33	0.67	0.33

ASIGNACIÓN DE PESOS A LOS INDICADORES

Tabla de pesos

CRITERIO/INDICADOR	PESO CRITERIO	PESO INDICADOR	PESO ABSOLUTO
Satisfacción laboral	0.021		
Percepción de beneficios		0.2	0.004
Percepción de riesgos		0.6	0.012
Perspectivas a futuro		0.2	0.004
Relación costo-beneficio	0.023		
Rendimientos		0.6	0.014
Ingresos al año		0.2	0.005
Ahorros al año		0.2	0.005
Perturbación ambiental	0.04		
Contribución al calentamiento global		0.105	0.004
Contaminación de suelo, agua y aire		0.258	0.01
Residuos		0.637	0.026
Calidad de suelo	0.118		
Presencia de M.O.		0.205	0.024
Presencia de microorganismos		0.205	0.024
Diversidad de nutrientes		0.102	0.012
Acidez		0.38	0.004
Permeabilidad		0.38	0.004
Aireación		0.38	0.004
Capacidad de retención de agua		0.184	0.022
Erosión		0.191	0.023
Manejo de suelo	0.118		
Incorporación de M.O.		0.058	0.007
Arado y volteado		0.156	0.018
Cobertura del suelo		0.066	0.008
Rotación de cultivos		0.156	0.018
Deshierbe y capado		0.03	0.004
Cajoneado y fertilización		0.156	0.018

Uso de maquinaria		0.343	0.041
Manejo de microbiología		0.035	0.004
Salud del ecosistema	0.118		
Plagas y enfermedades		0.033	0.004
Deficiencia de nutrientes en plantas		0.077	0.009
Productividad		0.033	0.004
Interconectividad		0.187	0.022
Conectividad		0.187	0.022
Agentes biológicos		0.077	0.009
Indicadores biológicos		0.033	0.004
Diversidad		0.187	0.022
Consumo de agua		0.187	0.022
Manejo del ecosistema	0.118		
Asociación de cultivos		0.086	0.01
Manejo de plagas		0.036	0.004
Estratificación		0.086	0.01
Cadenas tróficas y energéticas		0.086	0.01
Conectores biológicos		0.223	0.026
Aprovechamiento		0.036	0.004
Manejo de agua		0.223	0.026
Manejo de semilla y reproducción de plantas		0.223	0.026
Prácticas de conservación	0.044		
Manejo de erosión		0.281	0.012
Retención de agua		0.281	0.012
Conservación de la semilla		0.281	0.012
Protección de fauna		0.051	0.002
Polinización		0.107	0.005
Equidad	0.118		
Organización		0.637	0.075
Distribución		0.105	0.012
Equidad de género		0.258	0.031
Autosuficiencia	0.044		
Autoconsumo		0.637	0.028

Dependencia en insumos externos		0.258	0.011
Transporte		0.105	0.005
Recursos humanos	0.118		
Mano de obra		0.037	0.004
Redes de apoyo		0.235	0.028
Apoyos solidarios (faenas/medias/trueque)		0.086	0.01
Participación de la familia		0.086	0.01
Remuneración de la familia		0.086	0.01
Recursos culturales		0.235	0.028
Capacidad de innovación		0.235	0.028
Recursos económicos	0.118		
Estrategias de comercialización		0.152	0.018
Alternativas de comercialización		0.039	0.046
Transformación del producto		0.068	0.008
Medios de transformación		0.039	0.046

Peso de los criterios de evaluación

Peso de los indicadores por criterio

Calidad de suelo
Weighted summation {concave (S-shape,maxim…
Erosión
9.4%
Aireación
18.7%
Permeabilidad
18.7%
Presencia de M.O.
10.1%
Presencia de mic…
10.1%
Acidez
18.7%

Manejo de suelo
Weighted summation {concave (S-shape,maxim…
Manejo de micro…
3.5%
Uso de maquinaria
34.3%
Cajoneado y fertil…
15.6%
Arado y volteado
15.6%
Cobertura del suelo
6.6%
Rotación de culti…
15.6%

Salud del ecosistema
Weighted summation {concave (S-shape,maxim…
Consumo de agua
18.7%
Deficiencia de nu…
7.7%
Interconectividad
18.7%
Diversidad
18.7%
Agentes biológicos
7.7%
Conectividad
18.7%

Manejo del ecosistema
Weighted summation {concave (S-shape,maxim…
Manejo de semill…
22.3%
Asociación de cul…
8.6%
Estratificación
8.6%
Manejo de agua
22.3%
Aprovechamiento
3.6%
Conectores bioló…
22.3%

Prácticas de conservación
Weighted summation {concave (S-shape,maxim…
Polinización
10.7%
Manejo de erosión
28.1%
Protección de fau…
5.1%
Conservación de…
28.1%
Retención de agua
28.1%

Equidad
Weighted summation {concave (S-shape,maxim…
Equidad de género
25.8%
Distribución
10.5%
Organización
63.7%

Autosuficiencia
Weighted summation {concave (S-shape,maxim…
Transporte
10.5%
Dependencia en i…
25.8%
Autoconsumo
63.7%

Recursos humanos
Weighted summation {concave (S-shape,maxim…
Capacidad de inn…
23.5%
Redes de apoyo
23.5%
Apoyos solidario…
8.6%
Recursos culturales
23.5%
Participación de l…
8.6%

Recursos económicos
Weighted summation {concave (S-shape,maxim…
Medios de transf…
13.1%
Transformación d…
22.8%
Estrategias de co…
51.0%
Alternativas de c…
13.1%

Peso absolutos de los indicadores

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Autosuficiencia

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S4 *28/11/2021 22:59*

Results sensitivity analysis

MCA 1: Weighted summation {concave (S-shape,maximum,convex,goal)

Calidad de suelo

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S4 *28/11/2021 22:55*

Results sensitivity analysis

MCA 1: Weighted summation (concave (S-shape,maximum,convex,goal)

Equidad

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S4 *28/11/2021 22:59*

Results sensitivity analysis

MCA 1: Weighted summation {concave (S-shape,maximum,convex,goal)

Manejo de suelo

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S4 *28/11/2021 22:56*

Results sensitivity analysis

MCA 1: Weighted summation {concave (S-shape,maximum,convex,goal)

Perturbación ambiental

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S4 *28/11/2021 22:55*

Results sensitivity analysis

MCA 1: Weighted summation {concave (S-shape,maximum,convex,goal)}

Prácticas de conservación

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S4 *28/11/2021 22:57*

Results sensitivity analysis

MCA 1: Weighted summation {concave (S-shape,maximum,convex,goal)

Recursos económicos

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S4 *28/11/2021 23:00*

Results sensitivity analysis

MCA 1: Weighted summation (concave (S-shape,maximum,convex,goal)

Recursos humanos

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S4 *28/11/2021 23:00*

Results sensitivity analysis

MCA 1: Weighted summation {concave (S-shape,maximum,convex,goal)

Relación costo-beneficio

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S4 *28/11/2021 22:54*

Results sensitivity analysis

MCA 1: Weighted summation {concave (S-shape,maximum,convex,goal)

Satisfacción laboral

DEFINITE 2.0: Agroecosistemas_Tecuanipan_S4 *28/11/2021 22:54*

Results sensitivity analysis

MCA 1: Weighted summation {concave (S-shape,maximum,convex,goal)

ANÁLISIS DE SUELO

Se realizó un muestreo y análisis de suelo en el Sitio 1 de las parcelas visitadas de Armando López para identificar la calidad y propiedades del suelo de acuerdo al manejo del sistema. Para realizar el análisis, se muestrearon 4 zonas con distinto manejo de la parcela y sus alrededores y se procedió a la ejecución de pruebas para identificar las propiedades de cada muestra y comparar los resultados.

Tabla. Caracterización de las zonas de muestreo

	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
MANEJO	Sin perturbar	Tradicional	Mixto	Convencional
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	Diámetro de la copa de un árbol de aguacate criollo de 80 años de edad, usado como sitio de descanso en la parcela. Hay presencia de hierbas silvestres y no se pica la tierra o siembra.	Diámetro de un frutal donde se compostean las podas y hierbas, se utilizan como abono natural, y crecen hierbas silvestres de uso medicinal, maíz y frijol como milpa tradicional. No se aplica deshierbe.	Surcos de producción de milpa tradicional sin árboles, abonados con excretas animales y fertilizante químico. Se deshierba y ara la tierra. No se aplican pesticidas o herbicidas.	Surcos de tierra desnuda, donde se siembra cebolla en monocultivo. Se aplican fertilizantes, pesticidas y herbicidas. El arado es con tractor y no hay árboles en el área.

Elaboración propia

METODOLOGÍA

Los atributos del suelo pueden ser detectados con algunas técnicas de campo y medidos a través de pruebas caseras o en laboratorio, dependiendo de la precisión

que requiera el sistema para la identificación de posibles estrategias de manejo adecuadas (Sachoyarto, 2020).

En este trabajo se utilizaron pruebas caseras utilizando instrumentos de uso doméstico y escalas detectables por los sentidos, con la intención de que los resultados obtenidos sirvan para el análisis del suelo de las parcelas en cualquier contexto campesino similar a las condiciones de San Jerónimo Tecuanipan, con los recursos disponibles a mano, y que los métodos utilizados puedan ser replicados en las demás parcelas muestreadas, así como en nuevos sitios de interés del municipio en caso de ser necesario o requerir de un análisis general para la planeación del manejo de suelo estratégico (FAO, 2020).

En caso de necesitar un análisis más profundo de las propiedades y estado del suelo en las parcelas, para elaborar enmiendas minerales o manejos para producción específicos; es necesario realizar un muestreo iterativo adecuado en la parcela, así como el análisis en laboratorio de mejor pertinencia, según el objetivo de interés.

TÉCNICAS

Se realizaron 6 tipos de pruebas con las que se observó, midió y determinó las características de las muestras colectadas.

Tabla. Pruebas utilizadas para el análisis de suelo.

PRUEBA	DESCRIPCIÓN
Prueba del frasco	Consiste en llenar medio frasco de un litro de capacidad con tierra, por cada muestra. Posteriormente se termina de llenar con agua filtrada o potable. Se agita por 15 min y se deja asentar en una superficie plana sin movimiento durante dos días. Posteriormente pueden detectarse los estratos de la composición del suelo, su estructura, la presencia de M.O., tipo de suelo, y la diversidad de nutrientes.

Prueba con los sentidos	Consiste en tomar una porción de cada muestra y redactar los olores, colores, texturas, sonidos y apariencias detectadas con los sentidos al tocar, oler, raspar, ver y maniobrar la tierra. Esto permite conocer su naturaleza y presencia de nutrientes en degradación.
Prueba del puño	Esta prueba sirve para detectar la humedad en la tierra, su plasticidad, y su resistencia. Consiste en tomar una porción húmeda de muestra y apretarla. Si la tierra no se apelmaza, tendrá 0-20% humedad; si se empieza a amontonar, será 20-40%; cuando se hacen cúmulos es de 40-60%; si se aglomera toda, será de 60-80%, y si escurre o se diluye será de 80-100%. Entre más grande y estirable sea el aglomerado sin romperse, tiene mejor resistencia.
Tira de pH	El potencial de Hidrógeno mide la acidez de una solución. La prueba consiste en mezclar una porción de muestra en agua filtrada y posteriormente colocar una tira de pH para conocer su acidez. También puede realizarse con agua de col o de jamaica la prueba, pero será menos precisa.
Prueba del filtro	Consiste en colocar una porción de muestra (100g) sobre un filtro de café o tela de algodón. Se colocarán 100ml de agua y se cronometrará el tiempo de caída del agua. Entre más tarde, más impermeable es el suelo.
Secado al sol	Se humedecerá al 100% una porción de muestra de suelo (100g tierra y 100ml agua filtrada) en un recipiente abierto. Se dejará secar al sol directo por dos días y se observarán los cambios. La tierra con mayor humedad después del periodo de tiempo

	transcurrido, es la que mejor capacidad de retención de agua tiene. Si el agua se encuentra acumulada en la superficie, o en el fondo es una tierra muy arcillosa o arenosa; si está esparcida de forma homogénea, está equilibrada.

Elaboración propia.

RESULTADOS

Los resultados de las pruebas fueron anotados y fotografiados para la caracterización de las muestras; posteriormente, se analizaron los datos obtenidos a través de las variables que componen a los indicadores de calidad de suelo, integrados al análisis multicriterio.

Tabla. Caracterización de las muestras de suelo

TIPO DE MEDICIÓN	INDICADOR	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
		Sin perturbar	Manejo tradicional	Manejo mixto	Manejo convencional
Prueba del frasco	Estructura	M.O. 20% Arcilla 20% Limo 20% Arena 40% Total 100%	M.O. 15% Arcilla 20% Limo 15% Arena 50% Total 100%	M.O. 5% Arcilla 5% Limo 5% Arena 85% Total 100%	M.O. 5% Arcilla 5% Limo 5% Arena 85% Total 100%
	Tipo de suelo	Franco arenoso arcilloso	Franco arenoso arcilloso	Arenoso	Arenoso
	Color agua	café	café	café amarillo	verde-amarillo

	Turbidez Burbujas Gas (DQO) Textura tipo de suelo	Alta No No moderadamente fina	Alta No No moderadamente fina	Media No No gruesa	Baja No Sí gruesa
Prueba con los sentidos y el puño	Textura seca (tacto) Textura húmeda (tacto) Olfato Sonido Color (Vista)	arenoso, húmedo, muy limoso, con troncos y partes suaves, pinta la mano negra suave-arenosa fresco, húmedo poco crujiente café oscuro en seco y negro húmedo	limoso, pedregoso, con partes suaves, fino suave-limosa fresco poco crujiente café claro en seco y oscuro en húmedo	arenoso-limoso, jabonoso, gránulo medio, seco arenosa sin olor crujiente café claro en seco, café grisáceo húmedo	arenosa, rasposa, gránulo grande, seco arenosa-rocosa estancado muy crujiente gris, azulado en seco, gris verdoso en

	Apariencia (Vista)	con biomasa y elementos en biodegradación, fresco, húmedo, rico en nutrientes	con biomasa y elementos en biodegradación, fresca, fina, nutrida	seco, fácil de trabajar, con pocos nutrientes	húmedo seco, erosionado, arenoso, sin vida
Acidez	Tira de pH	pH= 8 levemente alcalino	pH= 7 neutro	pH= 6 levemente ácido	pH= 5 moderadamente ácido
Prueba del filtro	Tiempo de infiltración Permeabilidad	2min Regular	1min Buena	1:45min Regular	4:10min Impermeable
Secado al sol	Retención de agua	Alta	Muy alta	Media	Baja

Elaboración propia.

Se puede observar una gran diferencia entre el suelo convencional y el suelo sin perturbación natural. El suelo de las muestras 3 y 4 es arenoso, por lo que debería tener una permeabilidad alta y una baja retención de agua, pero ocurre lo opuesto. Esto sucede por el exceso de sales en la superficie que impiden la infiltración del agua en un primer instante, y una vez filtrada, la drena por su estructura arenosa, por lo que la retención de agua es baja pero el suelo es impermeable.

La presencia de microorganismos fue detectada a partir de los elementos en degradación que contienen carbón (C) y Nitrógeno (N). Estos fueron identificados a partir de la textura y color de la tierra (negra u oscura contiene carbón, si mancha la mano), y el olor (el olor a putrefacción, vegetales en degradación, orina, humedad indican presencia de nitrógeno) además de las ramas, hojarasca, excretas o elementos maderables y fibrosos que se detectaron al realizar el muestreo y también contienen estos elementos. Cuando existen carbono y nitrógeno en descomposición en la tierra, es muy probable que haya presencia de microorganismos presentes realizando el proceso de biodegradación.

Al verter agua a cada una de las tierras, se puede observar que el agua aplicada a la tierra convencional, tarda más tiempo en filtrarse que en la tierra sin perturbación. Esto significa que la tierra convencional es un suelo más impermeable, debido a que tiene más sales y muy poca materia orgánica, lo cual no permite que el agua se filtre. La tierra sin perturbación, filtra muy rápido el agua porque es una tierra más porosa debido a la alta presencia de materia orgánica, lo cual permite que sea un suelo más permeable.

Al asentar la tierra, se puede ver que la arena se decanta en 30 segundos, sin embargo, debemos esperar uno a dos días para que se termine por completo de separar los sólidos del agua, ya que las arcillas tardan más en separarse, pero el tiempo es variable dependiendo si son arcillas activas o inactivas, de las cuales, las activas toman más tiempo en su separación. En ésta fase, se advierte que la materia que se precipitó, muestra 3 niveles que corresponden a la arena, el limo y la arcilla, en ellas se puede ver los porcentajes de cada elemento en cada tipo de suelo. Además se puede observar el agua y por último materia flotante en la superficie del agua. Se puede entonces ver que, la tierra convencional presenta mayor porcentaje de arena, agua turbia y poco material flotante en la superficie del agua. La tierra sin perturbación, presenta menor porcentaje de arena, agua clara y mayor cantidad de materia flotante en la superficie del agua. Ésto significa que la tierra convencional, al presentar maor porcentaje de arena y un agua turbia, indica una tierra con nutrientes y minerales, pero los nutrientes están disueltos en el agua, además, al tener muy poca materia orgánica, los nutrientes no pueden ser retenidos y la actividad de los microorganismos es muy baja, todos éstos factores, nos hablan de un suelo

erosionado, de una tierra con muy poca posibilidad de ser fértil. Por el contrario, la tierra sin perturbación, al presentar menor porcentaje de arena y un agua clara con mayor cantidad de materia orgánica, nos dice que los nutrientes son retenidos en la materia orgánica, la cual flota debido a que contiene oxígeno y carbón, éso indica también que la actividad de los microorganismos es posible, y por todos ésos factores nos habla de un suelo fértil.

Al unir la prueba de permeabilidad y la prueba de los estratos, es aún más claro ver las grandes diferencias entre la tierra convencional y la tierra sin perturbación:
La tierra convencional, al ser impermeable, no permite el regreso del agua a los mantos freáticos, se encharca, disuelve los nutrientes y crea escorrentías cuando llueve mucho, arrastrando con ello nutrientes, agroquímicos y demás sólidos de la superficie del suelo que genera un agua turbia, la cual llega a los ríos y los contamina porque provoca exceso de nutrientes que provocan mucha demanda de oxígeno, saturación, turbidez, no permite el crecimiento de las plantas del fondo, no deja ver a los peces, no permite respirar bien, crecen muchas plantas en la superficie, etc. Además es infértil porque tiene arrastres, es menos eficiente, tiene menos estabilidad y requiere de más insumos externos, también requiere de más trabajo de arado (al no ser porosa, no tener materia orgánica ni que se esté biodegradando y no vida biológica) y da menos rendimientos porque no hay alguien que los asimile para las plantas.

La tierra convencional, por el contrario, al ser una tierra permeable, permite el regreso del agua (limpia y clara) a los mantos freáticos; tiene una mayor conservación de suelo, un mayor manejo de suelo, conservación de nutrientes, es más resiliente, más confiable, y más rentable porque los nutrientes permanecen ahí, los recursos están disponibles porque hay materia orgánica o que todavía se está biodegradando, contienen carbón y éso ayuda a que permanezcan los microorganismos para que a largo plazo siga habiendo nutrientes para las plantas, nutrientes que se van haciendo disponibles acorde a las necesidades del ecosistema y los ciclos biológicos.
;

ATRIBUTO	CRITERIO	INDICADOR	CÓMO SE MIDE	UNIDAD
presencia de M.O	Presencia de M.O. en biodegradación Apariencia y plasticidad Vigor	M.O. Flotante Olor Textura Color	prueba del frasco Olfato Tacto Vista	Porcentaje Fresco/seco/descomposición Suave/rasposo Color
presencia de microorganismos	Presencia de C en biodegradación Presencia de N en biodegradación	Color Textura M.O. Flotante Olor Textura Humedad	Vista Tacto Prueba del frasco Olfato Tacto Prueba del puño	Oscura/clara blando/duro/maderoso sí/no pútrido/orín/fresco/nada blando/duro/pulposo %humedad
diversidad de nutrientes	Nutrientes no solubles Nutrientes	Estructura Turbidez	prueba del frasco prueba del	% M.O. % Limo % Arcilla % Arena % Total densidad de

	solubles Nutrientes volátiles	Color de agua Gas (DQO)	frasco prueba del frasco sonido al abrir frasco	materia disuelta color de agua disuelta alto/bajo/nulo
hábitat	acidez tipo de suelo	pH estructura	tira de pH prueba del frasco	0-14 franco/arenoso /arcilloso
estructura	permeabilidad porosidad	capacidad de infiltración materia flotante	prueba del filtro prueba del frasco	t/ml Muy alta/alta/media /baja/nula
capacidad de retención de agua	acumulación de líquido	Duración de la humedad	secado al sol	presencia de agua/t
erosión	composición del suelo	Estructura	prueba del frasco	% minerales

INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

La conjunción de las variables de suelo a través de un análisis multicriterio, en criterios, que se convertirán en los indicadores de calidad de suelo de la evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas muestreados, es la siguiente:

Tabla. Indicadores del análisis multicriterio

Atributo	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
	Sin perturbar	Manejo tradicional	Manejo mixto	Manejo convencional
presencia de M.O	Alto	Medio alto	Bajo	Bajo
presencia de microorganismos	Sí	Sí	No	No
diversidad de nutrientes	Alta	Alta	Media baja	Baja
acidez	levemente alcalina	neutra	levemente ácida	moderadamente ácida
permeabilidad	regular	buena	regular	impermeable
Aireación	media alta	alta	media	media
capacidad de retención de agua	Alta	Muy alta	Media	Baja

Elaboración propia.

FUENTES

FAO. (2020). Textura del suelo. Recuperado de: https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm

Sachoyarto, R. (2020). “Texturas del suelo en el viñedo” en Aprender de vino. Recuperado de: https://www.aprenderdevino.es/suelos-textura/

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

Muestra 1
Sin perturbar
Muestra 2
A. tradicional
MUESTRA 3
A. MIXTA
MUESTRA 4
A. CONVERSIÓN