



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN
AGROECOSISTEMAS MAÍZ Y FRIJOL EN OLMA
YAHUALICA, HIDALGO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

P R E S E N T A:

LILIANA CANALES TOVAR

ASESORA: DRA. MARTHA ELENA DOMÍNGUEZ HERNÁNDEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

Facultad de Estudios Superiores
Cuautilán
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautilán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas maíz y frijol en Ojima Yahualica, Hidalgo

Que presenta la pasante: LILIANA CANALES TOVAR

Con número de cuenta: 41404381-5 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautilán Izcalli, Méx. a 10 de marzo de 2020.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Q. Celia Elena Valencia Islas	
VOCAL	M. en C. Juan Roberto Guerrero Agama	
SECRETARIO	Dra. Martha Elena Domínguez Hernández	
1er. SUPLENTE	M. en C. Laura Virginia Núñez Balderas	
2do. SUPLENTE	Ing. Fernando Ortiz Salgado	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 327).

LMCF/mbir*



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas maíz y frijol en Olma Yahualica, Hidalgo

Que presenta la pasante: LILIANA CANALES TOVAR

Con número de cuenta: 41404381-5 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 10 de marzo de 2020.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Q. Celia Elena Valencia Islas	
VOCAL	M. en C. Juan Roberto Guerrero Agama	
SECRETARIO	Dra. Martha Elena Domínguez Hernández	
1er. SUPLENTE	M. en C. Laura Virginia Núñez Balderas	
2do. SUPLENTE	Ing. Fernando Ortiz Salgado	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMC/ntm*



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE ESTUDIOS
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas maíz y frijol en Olma Yahualica, Hidalgo

Que presenta la pasante: LILIANA CANALES TOVAR

Con número de cuenta: 41404381-5 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Agrícola

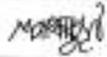
Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 10 de marzo de 2020.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Q. Celia Elena Valencia Islas	_____
VOCAL	M. en C. Juan Roberto Guerrero Agama	_____
SECRETARIO	Dra. Martha Elena Domínguez Hernández	
1er. SUPLENTE	M. en C. Laura Virginia Núñez Balderas	_____
2do. SUPLENTE	Ing. Fernando Ortiz Salgado	_____

NOTA: los sindicales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/rmm*



VINERIDAD NACIONAL
AVIRMA DE
MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas maíz y frijol en Olma Yahualica, Hidalgo

Que presenta la pasante: LILIANA CANALES TOVAR

Con número de cuenta: 41404381-5 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 10 de marzo de 2020.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Q. Celia Elena Valencia Islas	_____
VOCAL	M. en C. Juan Roberto Guerrero Agama	_____
SECRETARIO	Dra. Martha Elena Domínguez Hernández	_____
1er. SUPLENTE	M. en C. Laura Virginia Núñez Balderas	
2do. SUPLENTE	Ing. Fernando Ortiz Salgado	_____

NOTA: los sindicales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 327).

UMCF/tem*



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas maíz y frijol en Olma Yahualica, Hidalgo

Que presenta la pasante: LILIANA CANALES TOVAR

Con número de cuenta: 41404381-5 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 10 de marzo de 2020.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>Q. Celia Elena Valencia Islas</u>	_____
VOCAL	<u>M. en C. Juan Roberto Guerrero Agama</u>	_____
SECRETARIO	<u>Dra. Martha Elena Domínguez Hernández</u>	_____
1er. SUPLENTE	<u>M. en C. Laura Virginia Núñez Balderas</u>	_____
2do. SUPLENTE	<u>Ing. Fernando Ortiz Salgado</u>	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/ntm*

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por el espacio académico donde durante cinco años pude adquirir los conocimientos necesarios de la carrera de Ingeniería Agrícola.

A mis maestros de la Facultad por brindarme sus conocimientos.

Al proyecto “PIAPI2014 Análisis multidimensional de sistemas de producción agrícola para el desarrollo de propuestas de manejo sustentable con enfoque transdisciplinario” por el apoyo para el desarrollo de este trabajo.

Al proyecto “PAPIME PE210119 Mejoramiento de las enseñanzas de las asignaturas Introducción a la Agricultura y Diseños Experimentales Agrícolas” por la beca otorgada para el desarrollo de este trabajo.

A mi asesora de tesis la Dra. Martha Elena Domínguez Hernández por todo el apoyo, paciencia y conocimientos brindados durante el desarrollo de este proyecto.

A los sinodales por los comentarios y aportaciones para que este trabajo resultara más fructífero.

A los habitantes de la comunidad Olma Yahualica, Hidalgo, por la amabilidad hospitalidad y apoyo brindado para el desarrollo de este trabajo.

Agradecimientos

Al dador de vida por permitirme estar aquí y ahora, cumpliendo uno de mis grandes sueños.

A mis padres por darme la vida.

A mi madre Celsa Tovar Vargas por enseñarme a ser una gran guerrera, a siempre luchar por lo que quiero y a nunca darme por vencida.

A mis hermanos Liz y Abi por ser parte de mi vida y por apoyarme.

A mis grandes maestros de vida: Goyo que donde quiera que te encuentres siempre te agradeceré por darme todas estas bases de valores enseñanzas y educación.

A la Maestra Luz y Maestro Miguel por siempre estar a mi lado, por los grandes consejos y las enseñanzas, por ser mis guías.

A mi madrina Laura por siempre estar cuando la necesitaba con los brazos abiertos dispuesta a escucharme y a guiarme.

A mis amigos de la generación especialmente Jacqui, Gabo, Marce y Rubens, porque durante este camino siempre estuvieron conmigo apoyándome, animándome, compartiendo sus conocimientos, alegrías y risas.

Dedicatoria

Dedico todo el esfuerzo plasmado en estas hojas a los ya mencionados antes, especialmente a mis sobrinos y primos pequeños, ya que ellos han sido la inspiración para que yo continúe en este camino...

Tlazohcamachililia miec

(Agradezco infinitamente)

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
<i>Objetivo General</i>	3
<i>Objetivos específicos</i>	3
I. Marco de referencia	4
<i>Sistema de producción tradicional bajo condiciones de temporal</i>	4
<i>Producción bajo temporal en México</i>	4
<i>Producción de maíz y frijol en el estado de Hidalgo</i>	5
<i>Producción de maíz</i>	7
<i>Producción de frijol</i>	8
<i>Contexto histórico de la sustentabilidad en la agricultura</i>	10
<i>Agricultura sustentable</i>	12
<i>Evaluación de la Sustentabilidad</i>	13
Marco MESMIS	14
<i>Contexto físico municipio de Yahualica, Hidalgo</i>	15
<i>Contexto social</i>	17
<i>Contexto Económico</i>	17
<i>Localidad Olma</i>	18
Clima Comunidad Olma	18
II. Materiales y métodos	19
<i>Contexto físico y social de la evaluación</i>	19
Caracterización física y química de los suelos en las unidades de producción	22
Propuesta de mejora	22

III. Resultados y discusión	23
<i>Resultados</i>	23
Caracterización socioeconómica de la localidad Olma	23
<i>Fase 1. Definición del objeto de estudio</i>	24
<i>Fase 2. Identificación de los puntos críticos del sistema</i>	25
<i>Fase 3. Selección de los criterios de diagnóstico e indicadores</i>	25
<i>Fase 4. Medición y monitoreo de los indicadores</i>	25
<i>Fase 5. Integración de resultados</i>	29
<i>Fase 6. Conclusiones y recomendaciones sobre el sistema de manejo</i>	32
Propuesta de mejora	32
Capacitación 1: Control de plagas y malezas	32
Capacitación 2: Densidades de siembra	34
Capacitación 3: Selección de semillas	34
Capacitación 4. Elaboración de abonos	34
Alternativas de producción	35
<i>Discusión</i>	36
IV. Conclusiones	38
Referencias	39
Anexo 1. Encuesta para productores de maíz y frijol de Olma	45
Anexo 2. Valores ponderados para los indicadores evaluados	48
Anexo 3. Propuestas de mejora para los sistemas de producción evaluados	49
Anexo 4. Manuales para alternativas de producción	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la producción tradicional de maíz bajo condiciones de temporal en la Huasteca Hidalguense.	6
Tabla 2. Características fisiográficas, climáticas, edáficas e hidrográficas del municipio de Yahualica, Hidalgo.	16
Tabla 3. Indicadores económicos, ambientales y sociales utilizados para el análisis de sustentabilidad en los agroecosistemas de producción de Maíz y frijol en la comunidad Olma Yahualica, Hidalgo.	21
Tabla 4. Característica de la producción de Maíz y Frijol en Olma, Yahualica, Hidalgo	24
Tabla 5. Puntos críticos por atributo en los agroecosistemas maíz y frijol en Olma, Yahualica, Hidalgo.	25
Tabla 6. Criterios de diagnóstico e indicadores de sustentabilidad para la evaluación de sistemas producción de Maíz Frijol	26
Tabla 7. Resultados en el sistema de producción de Maíz y frijol en la localidad Olma Yahualica, Hidalgo	27
Tabla 8. Indicadores económicos seleccionados utilizados para el análisis de sustentabilidad MESMIS de los sistemas de producción de maíz y frijol en Olma, Hidalgo.	29
Tabla 9. Indicadores de la dimensión social para la evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas maíz y frijol en Olma, Hidalgo.	30
Tabla 10. Indicadores de la dimensión ambiental seleccionados utilizados para el análisis de sustentabilidad MESMIS de los sistemas de producción de maíz y frijol en Olma, Hidalgo.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cultivos sembrados bajo temporal en México, con respecto a la superficie sembrada.	5
Figura 2. Principales cultivos sembrados bajo temporal con respecto a la superficie sembrada en el Estado de Hidalgo.	6
Figura 3. Principales estados productores de maíz, en el país.	7
Figura 4. Principales estados productores de frijol a nivel nacional.	9
Figura 5. Principales municipios productores de frijol del Estado de Hidalgo.	9
Figura 6. Problemas de la agricultura moderna.	11
Figura 7. Objetivos comunes de la sustentabilidad.	12
Figura 8. Olma Yahualica, Hidalgo.	16
Figura 9. Producción Agrícola, Yahualica Hidalgo.	18
Figura 10. Climograma de la comunidad Olma Yahualica, Hidalgo.	19
Figura 11. Diagrama de Amiba del sistema de producción actual de maíz de Olma, Yahualica, Hidalgo.	33

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación estima que mil millones de personas sufren hambre; este problema se agrava en zonas rurales, con alto grado de pobreza y marginación; en estas zonas la agricultura constituye una actividad fundamental ya que proporciona una parte importante del sustento de los hogares y es fuente principal de abasto de alimentos (CDRSSA, 2014).

La Ley de Desarrollo Rural Sustentable especifica que, entre los productos que México considera básicos y estratégicos se encuentran el maíz y el frijol, estos son dos de los cultivos más importantes en el sector agrícola del país; tanto por ser ingredientes principales en la dieta de los mexicanos, como por ser cultivados por más de dos terceras partes de los productores agrícolas de México (García *et al.*, 2006; CDRSSA, 2014).

El maíz proporciona el 32.5 % de la energía alimentaria, medida en kilocalorías (García *et al.*, 2006; CDRSSA, 2014; Diario Oficial de la Federación., 2014;; SEDESOL, 2017); además, es el cultivo más representativo de México por su importancia económica, social, política y cultural; el consumo promedio por habitante de maíz blanco es de 196.4 kg, y se realiza principalmente procesado para la producción de tortilla; esto representa el 20.9 % del gasto total en alimentos, bebidas y tabaco realizado por las familias mexicanas, sin embargo la producción en el país no satisface la demanda de este producto (SAGARPA, 2017b).

El frijol, que también es considerado un cultivo clave en la dieta nacional, tiene un consumo anual por habitante de 9.9 kg; la producción nacional cubre casi la totalidad de los requerimientos de consumo de los mexicanos (SAGARPA, 2017a), este cultivo cumple diversas funciones alimentarias y socioeconómicas que le han permitido obtener la relevancia que tiene en la actualidad; este grano es básico en la dieta de la población mexicana en zonas rurales y urbanas de escasos recursos, representa una de las principales fuentes de proteína y fibra (Ayala *et al.*, 2008).

A nivel mundial existe consenso en la necesidad de nuevas estrategias de desarrollo agrícola para asegurar una producción sustentable de alimentos que conduzca a lograr la seguridad

alimentaria, erradicar la pobreza y conservar y proteger el ambiente y los recursos naturales (Altieri *et al.*, 2000).

El concepto de desarrollo sustentable se define como aquel que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987); es un concepto complejo que integra diferentes dimensiones y que evoluciona constantemente. Integrar este concepto en la producción agrícola hace necesario que exista una transformación estructural orientada al mejor uso y conservación de los recursos; siendo necesario que ocurra un cambio social que garantice dicha transformación.

El modelo actual de desarrollo hace necesario medir y evaluar los cambios que se implementan o se proponen para determinar la sustentabilidad de los mismos; esta medición debe hacerse a diferentes escalas con el propósito final de que la implementación de técnicas o tecnologías sea favorable en las dimensiones económica, social y ambiental; así como para garantizar que los impactos negativos serán mínimos (Perea *et al.*, 2010).

Una de las herramientas que permiten evaluar la sustentabilidad en sistemas de producción agrícola es el Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), esta herramienta, busca hacer las evaluaciones con un enfoque participativo entre los evaluadores y la comunidad o productores. Considera tres dimensiones de la sustentabilidad: economía, medio ambiente y sociedad, los puntos críticos del sistema, utiliza indicadores que permitirán medir y monitorear diferentes aspectos mediante la comparación del sistema a través del tiempo o con sistemas de producción alternativos (Maseri *et al.*, 2000).

Considerando lo anterior, en el presente trabajo, se realizó la evaluación de la sustentabilidad de dos agroecosistemas: maíz y frijol, en la comunidad Olma Yahualica, Hidalgo. Para ello, se utilizó como herramienta metodológica base el marco MESMIS, se midieron 20 indicadores agrupados en las diferentes dimensiones de sustentabilidad con el fin de establecer el estado actual de los sistemas y proponer mejoras con enfoque agroecológico que impacten en forma positiva a la sustentabilidad global de ambos sistemas y de la comunidad.

Objetivo General

Evaluar la sustentabilidad de los sistemas maíz y frijol en la comunidad Olma, Yahualica, Hidalgo mediante el marco MESMIS, para la identificación y mejora de factores críticos mediante prácticas agroecológicas.

Objetivos específicos

Diseñar una encuesta para el diagnóstico de la situación actual de los agroecosistemas maíz y frijol en la comunidad Olma, Yahualica, Hidalgo.

Establecer el estado actual de los sistemas maíz y frijol, mediante indicadores económicos, sociales y ambientales indicando los puntos críticos que afectan la sustentabilidad.

Proponer alternativas con enfoque agroecológico que incidan positivamente en los puntos críticos que afectan la sustentabilidad de los agroecosistemas maíz y frijol en Olma, Yahualica.

I. Marco de referencia

Sistema de producción tradicional bajo condiciones de temporal

El término de agricultura tradicional se refiere a la forma en que se difunden los conocimientos, se distingue por una reducción en la cantidad y calidad de la energía usada en el agroecosistema; predomina en las tierras agrícolas del mundo con climas favorables o marginales para la producción (Hernández, 1988; Gliessman, 2015)

Dentro de estos sistemas se consideran aquellos que se han desarrollado de manera local, en forma empírica y a través de experimentación campesina; estos sistemas han surgido a través de siglos de evolución biológica y cultural y representan experiencias acumuladas de interacción entre el ambiente y agricultores sin acceso a insumos externos, capital o conocimiento científico, han sido manejados con recursos locales y con energía humana y animal (Zagoya, 2002).

De acuerdo con SAGARPA, un sistema agrícola tradicional o de temporal depende del comportamiento de las lluvias durante el ciclo de producción y de la capacidad del suelo para captar agua y conservar la humedad. Es el sistema de cultivo predominante en México por sus condiciones climatológicas y aproximadamente 16 millones de hectáreas son cultivadas en forma tradicional (Narváez, 2015).

Producción bajo temporal en México

México, de acuerdo con SIAP (2019), cuenta con 21,590,575 ha cultivadas, de las cuales 71.86 % son sembradas bajo temporal, en esta superficie el 38.31 % es ocupado por maíz grano, el 14.8 % por pastos y praderas y el 9.6 % por frijol (Figura 1).

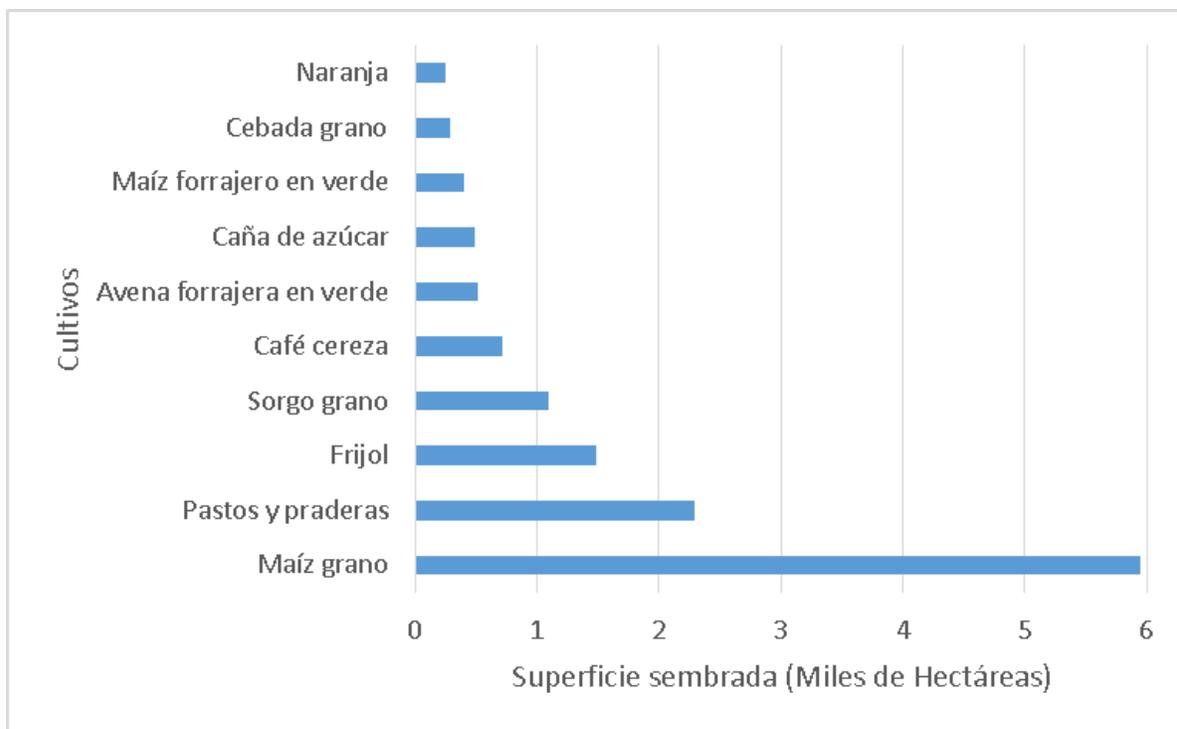


Figura 1. Cultivos sembrados bajo temporal en México, con respecto a la superficie sembrada. Elaboración propia (2019) con datos de SIAP (2019).

Producción de maíz y frijol en el estado de Hidalgo

El SIAP (2019) reporta que, en el estado de Hidalgo se sembraron 556,110 ha de las cuales 412,747 son sembradas bajo temporal y el resto cuenta con algún sistema de riego; del total de la superficie de temporal el 35.96% es ocupada por maíz grano, el 7.1 % por sorgo grano el 5.6 % por pastos y praderas, y el 5.3 % por frijol (Figura 2). El rendimiento de maíz de temporal es de 1.9 t ha⁻¹, mientras que para frijol se obtienen 590 kg ha⁻¹ (Pérez, 2010).

Los métodos de producción tradicional (Tabla 1), la topografía del terreno, la nula rotación de cultivos, realización de actividades de conservación de suelo, control de plagas en campo y almacén; así como la falta de fertilización y control de malezas en momentos oportunos, redundan en resultados no favorables hacia el productor, generando baja producción y limitando el destino de la cosecha para autoconsumo o subsistencia (Martínez *et al.*, 2016).

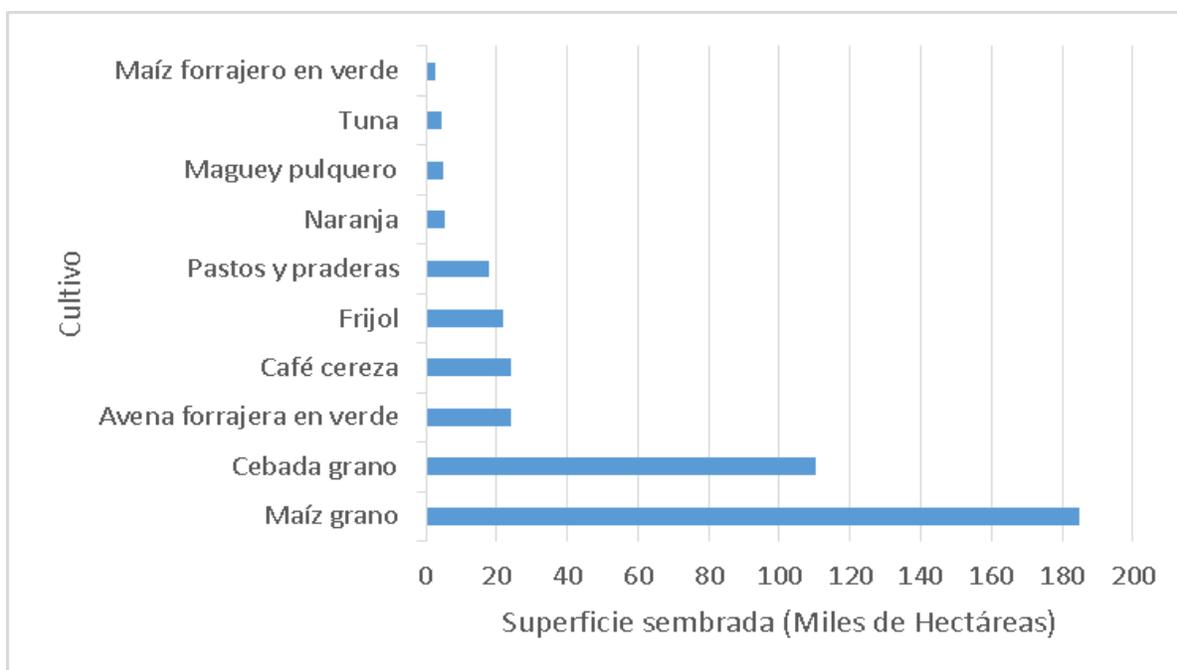


Figura 2. Principales cultivos sembrados bajo temporal con respecto a la superficie sembrada en el Estado de Hidalgo. Elaboración propia (2019) con datos de SIAP (2019).

Tabla 1. Características de la producción tradicional de maíz bajo condiciones de temporal en la Huasteca Hidalguense.

Característica	Descripción
Superficie de la unidad de producción	Entre 0.5 y 1.3 Ha
Destino del producto	Autoconsumo humano y alimento de ganado
Mano de obra	Familiar
Preparación de la tierra	Con animales de tiro o a manual
Siembra	Manual
Fertilización	No aplican
Control de maleza	Aplican herbicidas bajo recomendación de otros productores o cosas comerciales
Control de plagas	Solo aplican Parathión Metilico (Foley)
Control de enfermedades	No se realiza
Conservación de granos en almacén	Practicas rudimentarias
Comercialización	Excedente en tortillerías y plazas o tianguis locales
Financiamiento	Los productores no participan en programas de financiamiento

Fuente: Elaboración propia (2019) con datos de Martinez *et al.* (2016).

Producción de maíz

El maíz es uno de los granos más importantes en la alimentación humana, tiene el más alto potencial para la producción de carbohidratos y fue el primer cereal sometido a rápidas e importantes transformaciones tecnológicas en su forma de cultivo; actualmente es el segundo cultivo más importante en el mundo, después del trigo; es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y el segundo en producción total, otra característica importante es que algunos genotipos criollos se han adaptado a zonas ecológicas concretas, desarrollando características particulares. Estas características le otorgan importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, alimento para el ganado o fuente de un gran número de productos industriales (Poliwal *et al.*, 2001; Martínez *et al.*, 2016)

El maíz es la base de la dieta de la población mexicana, se siembra en todo el país, a pesar de ello México es el 8° productor a nivel mundial con 27,762,481 toneladas producidas en el año 2017 (SEDAGRO, 2019). El principal productor de maíz a nivel nacional es Sinaloa, seguido por Jalisco y el Estado de México; Hidalgo se encuentra en el lugar 12 (Figura 3) con una producción de 731,734.06 toneladas (SIAP, 2019).

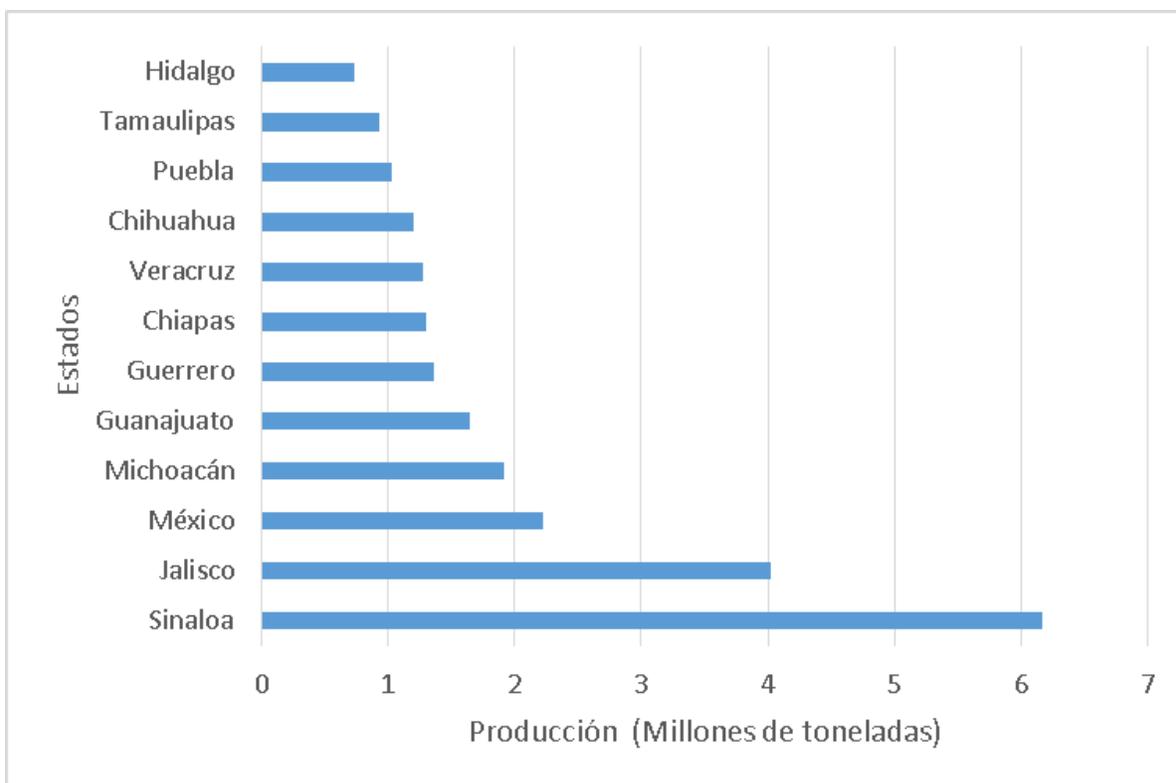


Figura 3. Principales estados productores de maíz, en el país. Elaboración propia (2019) con datos de SIAP (2019).

El municipio de Yahualica tiene una superficie sembrada bajo temporal de 4, 907 ha utilizada para la producción de maíz, con un rendimiento de 1.22 toneladas por hectárea; la producción total es de 5,989 toneladas, por lo que se sitúa en el 11° lugar de producción en el estado (SIAP, 2019). Yahualica se encuentra en el 7° lugar entre los municipios productores de maíz amarillo en el estado de Hidalgo (INEGI, 2007).

Producción de frijol

El frijol, es una planta originaria de América tropical y subtropical, en México tiene un fuerte arraigo ya que forma parte de la dieta alimenticia junto con el maíz y el chile; este producto tiene numerosas variedades que se cultivan en todo el mundo para el consumo, tanto de vainas verdes como de sus semillas frescas o secas. Por ello, esta leguminosa tiene gran importancia económica, ya que representa una fuente importante de ocupación e ingreso para los campesinos, así como una garantía de seguridad alimentaria; en la dieta mexicana representa la principal y única fuente de proteína para un gran segmento de la población; (Barreiro, 1997; FIRCO, 2017)

México ocupa el séptimo lugar en producción de frijol a nivel mundial, con un volumen de 1,183,868 toneladas. El estado de Zacatecas es el principal productor nacional (Figura 4) con el 33.8 % del total nacional, Sinaloa produce el 13.4 % y estado de Hidalgo se encuentra en el décimo tercer lugar con el 1.7 % (SIAP, 2019). En Hidalgo, el municipio de Yahualica se encuentra en el lugar 12 de producción de frijol bajo temporal (Figura 5) (SIAP, 2019).

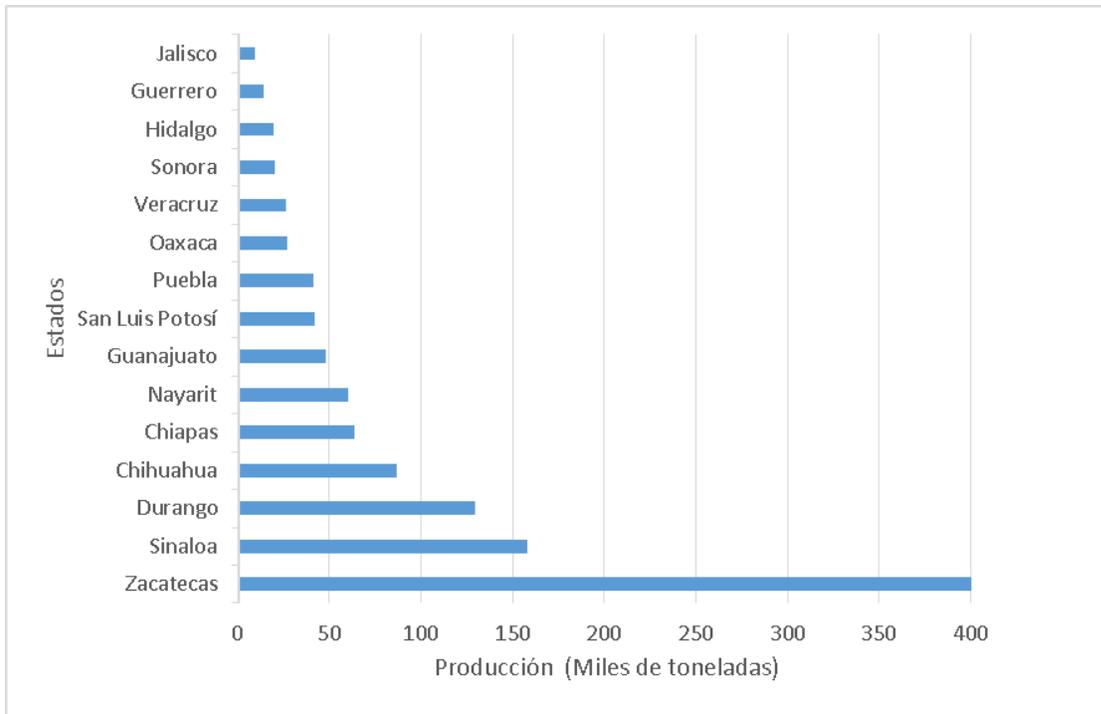


Figura 4. Principales estados productores de frijol a nivel nacional. Elaboración propia (2019) con datos de SIAP (2019).

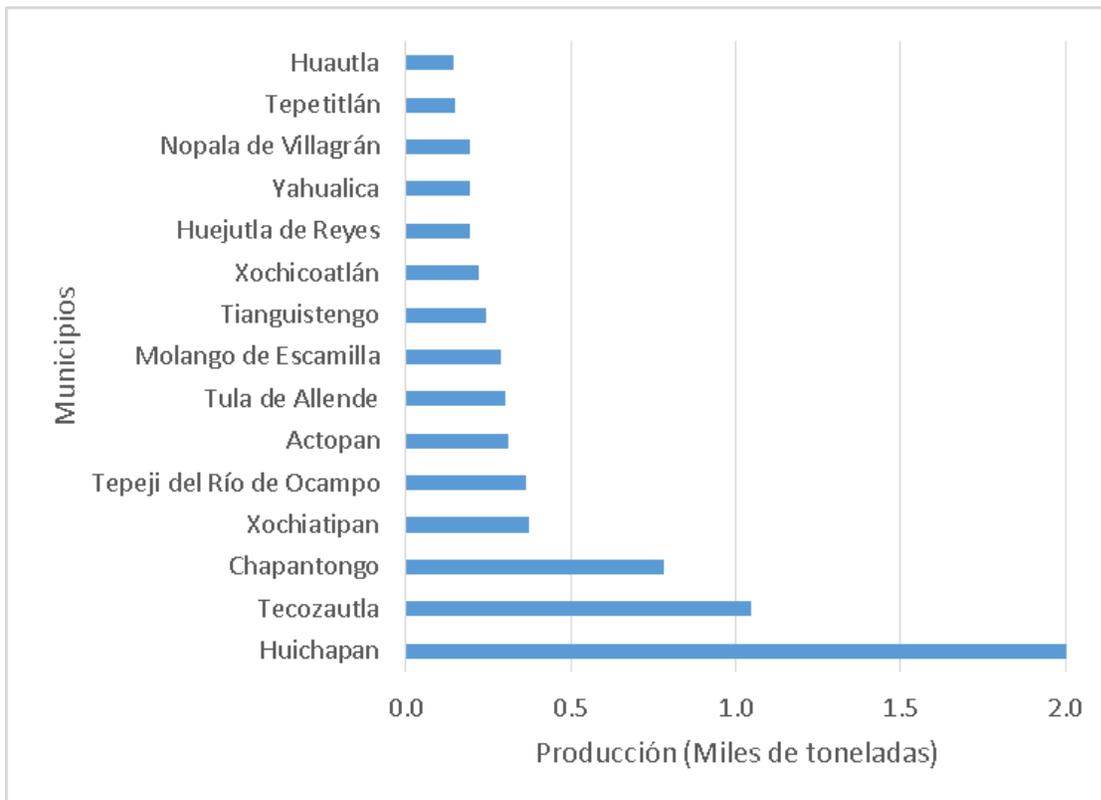


Figura 5. Principales municipios productores de frijol del Estado de Hidalgo. Elaboración propia (2019) con datos de SIAP (2019).

Contexto histórico de la sustentabilidad en la agricultura

La agricultura es la base de la alimentación, durante la historia de la humanidad ha estado presente aunque ha sufrido cambios sustanciales, por ejemplo los que sucedieron en la revolución verde donde se buscaba solucionar el problema de hambre en el mundo; Sarandón (2011) menciona que, el desarrollo de los sistemas de producción de alimentos en la revolución verde fue orientado a la búsqueda de paquetes tecnológicos generales y universales, orientados a maximizar la producción por unidad de superficie pero sin considerar la heterogeneidad ecológica y/o cultural de las regiones en donde se aplicaban; además, generalmente se trataba de tecnologías que podían ser adquiridas por un sector reducido de la población, también implicaron la necesidad de adquirir insumos externos. Trujillo (1990), menciona que, después de la revolución verde parecía imposible la práctica agrícola sin fertilizantes químicos, plaguicidas o grandes cantidades de combustibles.

Actualmente, los problemas de la agricultura moderna y su impacto sobre el medio ambiente (Figura 6), son reconocidos en ámbitos como el científico, académico y político, por esta razón se han determinado las características que limitan la viabilidad de este modelo y que cuestionan la sustentabilidad del mismo (Sarandón, 2011).

Estos problemas se deben no sólo a las técnicas de producción, sino también al pensamiento acerca de la naturaleza y su relación con el entorno en que se vive; bajo este enfoque se considera al ambiente como un objeto externo al hombre que es inagotable, además, la visión a corto plazo y productivista conduce a creer que el rendimiento es lo más importante, no se considera el valor del producto sino su precio; adicionalmente, existe una deficiente formación de los profesionistas y técnicos agrícolas en prácticas sustentables y manejo de agroecosistemas, hay un incipiente desarrollo de metodologías adecuadas para evaluar el efecto de estas prácticas que conduce a ignorar la necesidad de evaluar la dimensión ambiental en los sistemas agrícolas lo que conlleva una limitada capacidad para percibir el agotamiento o degradación de los recursos para la producción (Sarandón, 2011).

La creciente demanda de alimentos por el aumento de la población en los últimos años aumenta la presión sobre los recursos naturales, genera el encarecimiento de combustibles provocando la utilización de granos básicos para fabricar biocombustibles y el incremento

de los precios de fertilizantes lo que reduce la capacidad de compra de los productores (Martinez, 2011; FAO, 2015).

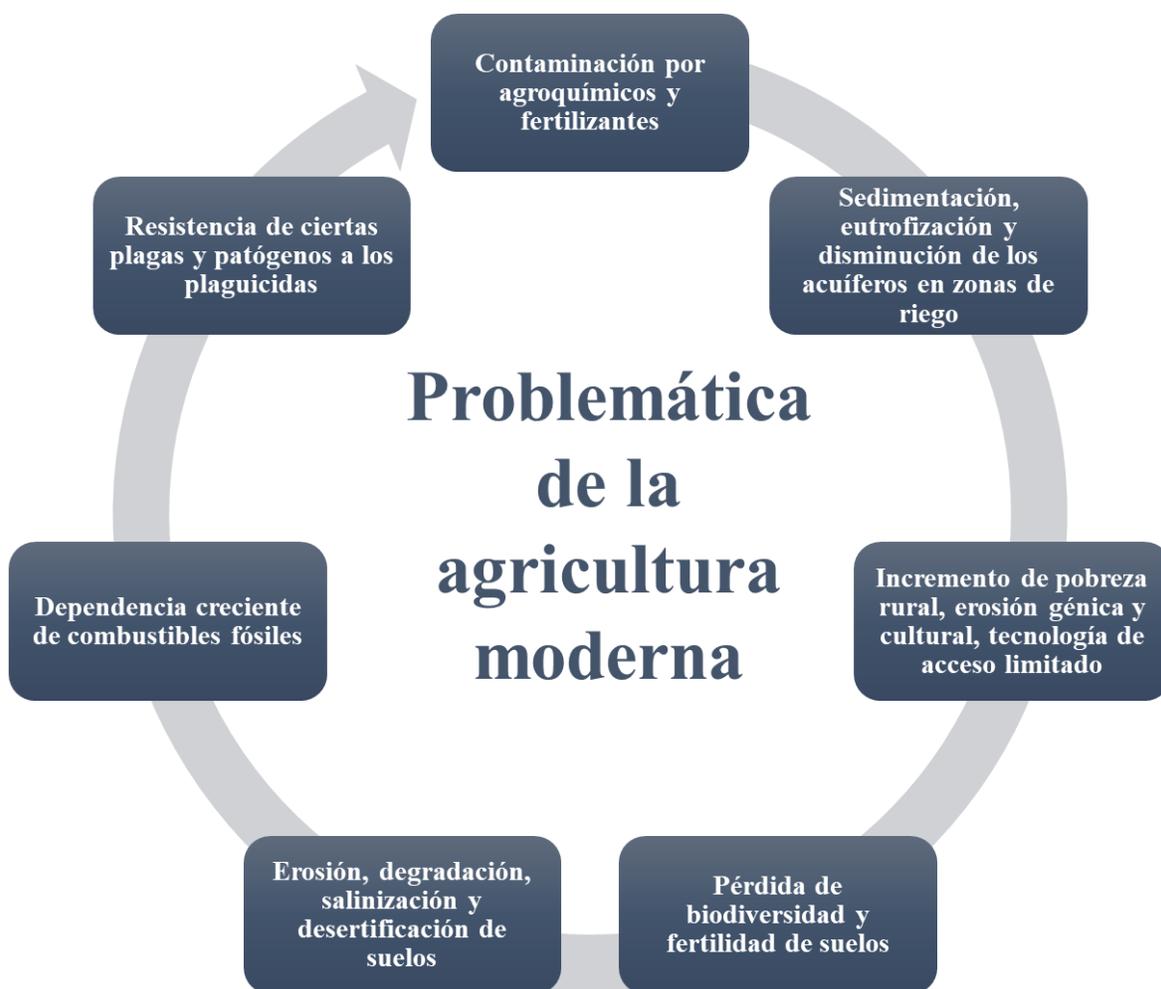


Figura 6. Problemas de la agricultura moderna. Elaboración propia (2019), con datos de Sarandón (2011).

En 1970 se inician esfuerzos para cuidar el ambiente en las actividades agrícolas; en 1972 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente Humano, se introduce el término de sustentabilidad relacionando aspectos ambientales y temas económicos como el capital, el crecimiento y el empleo; además, se desarrolla el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (Calvente, 2007). En 1983 las Naciones Unidas crean la Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo (WCED, World Comisión of Environment and Development) presidida por Brundtland donde se identificó la importancia de evaluar cualquier acción o

iniciativa desde tres enfoques: el económico, el ambiental y el social (Calvente, 2007). En 1992 se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en la cual se adoptó la Agenda 21 como guía para lograr el Desarrollo Sustentable (Martínez, 2011). Una propuesta para lograr la sustentabilidad contempla tres ejes: la sociedad, la economía y el medio ambiente, que deben estudiarse en conjunto para poder encontrar soluciones factibles a los problemas de la agricultura (Calvente, 2007).

Agricultura sustentable

Altieri y Nicholls (2011) mencionaron que, aunque existen muchas definiciones de agricultura sustentable, todas tienen objetivos comunes (Figura 7).



Figura 7. Objetivos comunes de la sustentabilidad. Elaboración propia (2019) con datos de Altieri & Nicholls (2000).

Para hacer frente a la demanda de alimentos, reducir la pobreza y lograr la seguridad alimentaria en el mundo es esencial priorizar y fortalecer la sustentabilidad en actividades relacionadas con la agricultura (FAO, 2015). Actualmente, los objetivos de la agricultura no son sólo producir volúmenes suficientes para satisfacer las demandas de alimentos, materias primas y divisas, también es fundamental conservar los recursos naturales en los que se sustenta, así como garantizar su continuidad mediante la sustitución de insumos derivados de recursos no renovables (Trujillo, 1990).

La agricultura sustentable busca aprovechar al máximo los recursos naturales y protegerlos para garantizar la obtención de alimentos a lo largo del tiempo, debe ser socialmente justa, localmente autosuficiente, ambientalmente sana y económicamente viable; lo que implica la reducción de costos a través de la eficiencia económica y energética, por ello es necesario estimular la producción de cultivos adaptados a las condiciones locales. Entre los sistemas sustentables se encuentran los campesinos e indígenas, la agricultura familiar, los sistemas biodinámicos y biointensivos, los sistemas orgánicos, la permacultura y los sistemas agrosilvopastoriles (Martínez, 2011).

Evaluación de la Sustentabilidad

La sustentabilidad tiene siete atributos generales: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autogestión, de acuerdo con Arnés (2011) estos atributos se definen como sigue:

- **Productividad:** habilidad de un agroecosistema para proveer de un nivel requerido de bienes y servicios.
- **Resiliencia:** capacidad de un sistema para absorber cualquier tipo de perturbación y reorganizarse tras ese momento conservando su misma función, estructura e identidad.
- **Equidad:** habilidad del sistema para distribuir la productividad (beneficios o costos de manera justa e igualitaria).
- **Confiabilidad:** capacidad del sistema de mantenerse en niveles cercanos al equilibrio ante perturbaciones normales del ambiente.

- Adaptabilidad o flexibilidad: capacidad para continuar siendo productivo, ante cambios a largo plazo en el ambiente.
- Autogestión: capacidad del sistema de regular y controlar sus interacciones con el exterior.

Existen diferentes metodologías para la evaluación de la sustentabilidad de recursos naturales, ecosistemas, y agroecosistemas, muchas conciben la evaluación como un proceso lineal, sin un sustento teórico sólido para la derivación de los indicadores, además, hacen énfasis en evaluaciones rápidas que generen una calificación final –numérica u ordinal- entre diferentes opciones tecnológicas y de manejo; sin embargo, no buscan un cambio en las prácticas de manejo o un análisis conjunto con los productores y muchas veces los resultados se quedan en el ámbito académico (Astier *et al.*, 2008).

Marco MESMIS

El Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) es una herramienta que captura la complejidad del manejo de recursos naturales, permite derivar indicadores que reflejan el comportamiento de los aspectos más relevantes de un sistema de manejo y muestran las tendencias del sistema para alcanzar los diferentes objetivos de los sistemas sustentables (Masera *et al.*, 2000). El MESMIS parte de cinco premisas: el concepto de sustentabilidad a partir de siete atributos, la validación de la evaluación, la evaluación participativa, y considera que la evaluación debe ser un proceso cíclico de análisis y retroalimentación (Astier *et al.*, 2000; Arnés, 2011).

El MESMIS busca medir la sustentabilidad de un sistema de producción, con un enfoque participativo entre los evaluadores y la comunidad o productores, calificando los tres aspectos principales: economía, medio ambiente y sociedad, buscando puntos críticos del sistema, dando como resultado indicadores de evaluación que ayudarán a medir la sustentabilidad mediante la comparación ya sea del mismo sistema a través del tiempo o comparando con sistemas de producción alternativos (Masera *et al.*, 2000); para aplicar la metodología, se propone un ciclo de evaluación que comprenda las fases siguientes:

- Determinación del objeto de evaluación. En esta fase se definen los sistemas de manejo que se han de evaluar, sus características y el contexto socioambiental de la evaluación.
- Determinación de los puntos críticos. Estos pueden incidir en la sustentabilidad de los sistemas de manejo que se van a evaluar.
- Selección de indicadores. En este paso se determinan los criterios de diagnóstico y se derivan los indicadores estratégicos para llevar a cabo la evaluación
- Medición y monitoreo de los indicadores. Este paso incluye el diseño de los instrumentos de análisis y la obtención de la información deseada
- Presentación e integración de resultados. Aquí se compara la sustentabilidad de los sistemas de manejo, así como mejorar el proceso mismo de la evaluación

Contexto físico municipio de Yahualica, Hidalgo

La región conocida como Huasteca Hidalguense se localiza al noreste del estado de Hidalgo, y es conformada por los municipios Atlapexco, Huautla, Huazalingo, Huejutla de Reyes, Jaltocan, San Felipe Orizatlán, Xochiatipan y Yahualica (Pérez, 2010), (Figura 8). El municipio de Yahualica, Hidalgo se encuentra entre los paralelos 20° 50' y 21° 00' N y 98° 17' y 98° 27' L.O.; altitud de 660 msnm. Colinda al norte con el municipio de Atlapexco; al este con los municipios de Atlapexco y Xochiatipan; al sur con el municipio de Xochiatipan, el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave y con el municipio de Tianguistengo; al oeste con los municipios de Tianguistengo, Calnali y Huazalingo. Ocupa el 0.74% de la superficie del estado. Cuenta con 35 localidades y una población total de 22,238 habitantes (INEGI, 2009), en la Tabla 2. se presentan las características geográficas del municipio.

El municipio de Yahualica cuenta con una superficie de 169.5 km², que representan el 1.8 % de la superficie total del estado de Hidalgo (Yahualica, 2016). De acuerdo con INEGI (2009) el 49.88 % de la superficie del municipio es utilizada para la agricultura, el 1.12 % es zona urbana, el 46 % se encuentra cubierto por selva y el 3 % cubierto por bosque. El 22 % del uso de suelo se considera con potencial para la agricultura mecanizada y el 78 % se considera no apto para la agricultura (INEGI, 2009).

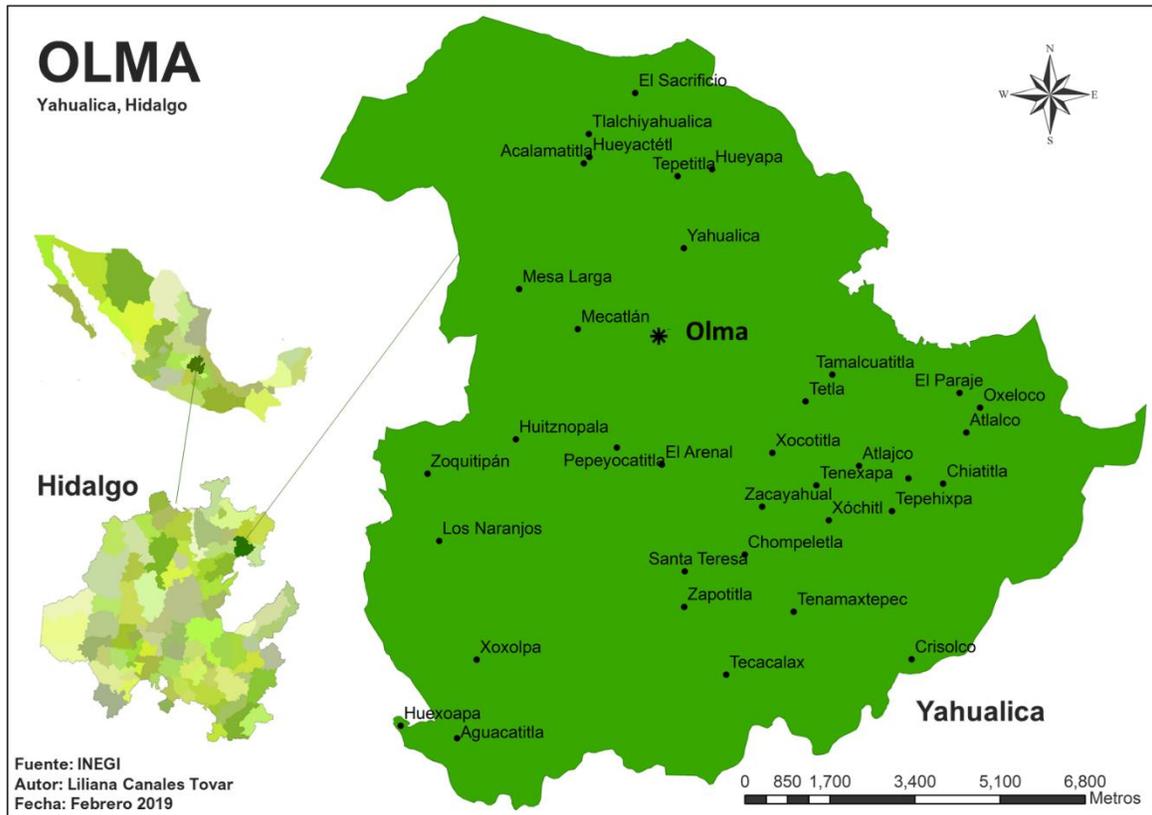


Figura 8. Olma Yhualica, Hidalgo.

Tabla 2. Características fisiográficas, climáticas, edáficas e hidrográficas del municipio de Yhualica, Hidalgo.

Yhualica, Hidalgo	
Fisiografía	Se encuentra en la provincia de la sierra madre oriental, en la subprovincia Carso Huasteco
Clima	Rango de temperatura que va desde los 20° C hasta 24°C, con un rango de precipitación de 1900 a 2100 mm y un clima semicálido húmedo con lluvias todo el año.
Suelos	Los suelos dominantes son los luvisoles con un 50.88%, faozems con un 26%, regosoles y cambisoles con 20% y 2% respectivamente
Hidrografía	Región hidrológica del Pánuco, en la cuenca del río Moctezuma, en las subcuencas de ríos de Hules y rio Calabozo. Las corrientes de agua permanentes son Ahuetzintla, Atempa, Atlapexco, Garces, Guaxupa, Huazalingo y Tlocolula y la corrientes no intermitente de Atlalco

Fuente: INEGI (2009)

Contexto social

El municipio de Yahualica tiene una población de 23, 607 habitantes, el 75.11% tiene 12 años y más, de esta población 5,658 habitantes son la población económicamente activa que se distribuye de la siguiente manera: sector primario 63.33%, sector secundario 16.53% y sector terciario 17.28%; Estos datos reflejan que el municipio es generador de mano de obra; sin embargo, esta labora fuera de la región en zonas como Huejutla donde se emplean como jornaleros agrícola (INEGI, 2009; Yahualica, 2016).

El CONEVAL, con información del censo 2010 de INEGI, clasifica a Yahualica como uno de los municipios más pobre del estado; el 90.8% de la población se encuentra en situación de pobreza, con un grado de marginación alto, y se encuentra en el Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias (Yahualica, 2016; SEDESOL, 2017).

Contexto Económico

En el municipio se cultiva maíz, frijol, café cereza, naranja, caña de azúcar y limón; además, se cría ganado bovino de leche y carne (993 cabezas), ovinos (196 cabezas), porcinos (763 cabezas) y caprinos (10 cabezas), aves de postura, engorda y pavos (31,027 cabezas), también se cuenta con producción de miel y cera de abeja con un total de 145 colmenas. Y existe el aprovechamiento de recursos forestales y pesqueros (Yahualica, 2016).

De acuerdo con datos del SIAP (2019), los principales productos agrícolas del municipio son maíz grano blanco con una superficie sembrada de 4,907 ha, café cereza con 473 ha y frijol negro con 388 ha (Figura 9).

En el ciclo primavera- verano se cultiva frijol, maíz amarillo y maíz blanco, en otoño-invierno se siembra avena forrajera, cebada grano, frijol, maíz amarillo y maíz blanco; también se producen cultivos perennes como alfalfa verde, café cereza, naranjo y pastos cultivados (INEGI, 2007)

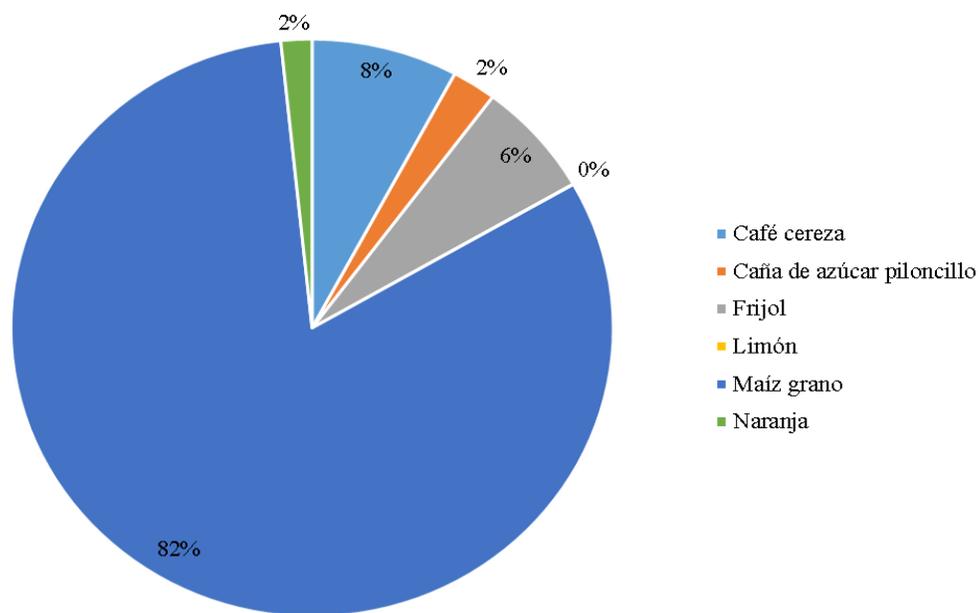


Figura 9. Producción Agrícola, Yahualica Hidalgo. Elaboración propia (2019) con datos de INEGI (2007)

Localidad Olma

Olma es una de las 32 localidades del municipio de Yahualica (Yahualica, 2016) su población total es de 128 personas, de las cuales 50 % son hombres y 50 % mujeres, tiene muy alto grado de marginación, rezago social alto y se encuentra dentro de las zonas de atención prioritarias (SEDESOL, 2017).

Clima Comunidad Olma

La temperatura media promedio es de 20 °C, con máximas de 27.1°C en abril y mínima promedio de 7.7 °C, aunque este valor desciende hasta 4.8°C y 4.3°C en diciembre y enero, respectivamente. La precipitación total es de 2,460 mm, con lluvia máxima de 538 mm en septiembre, la precipitación mínima es de 32 mm en marzo. El potencial de evapotranspiración promedio es de 89.03 mm, con el mayor potencial de 110.8 mm en abril y el menor de 59.6 mm en enero; el periodo de crecimiento va de junio a octubre; se tiene un periodo de sequía de 56 días que comprende desde el 25 de febrero hasta el 3 de abril (Figura 10).

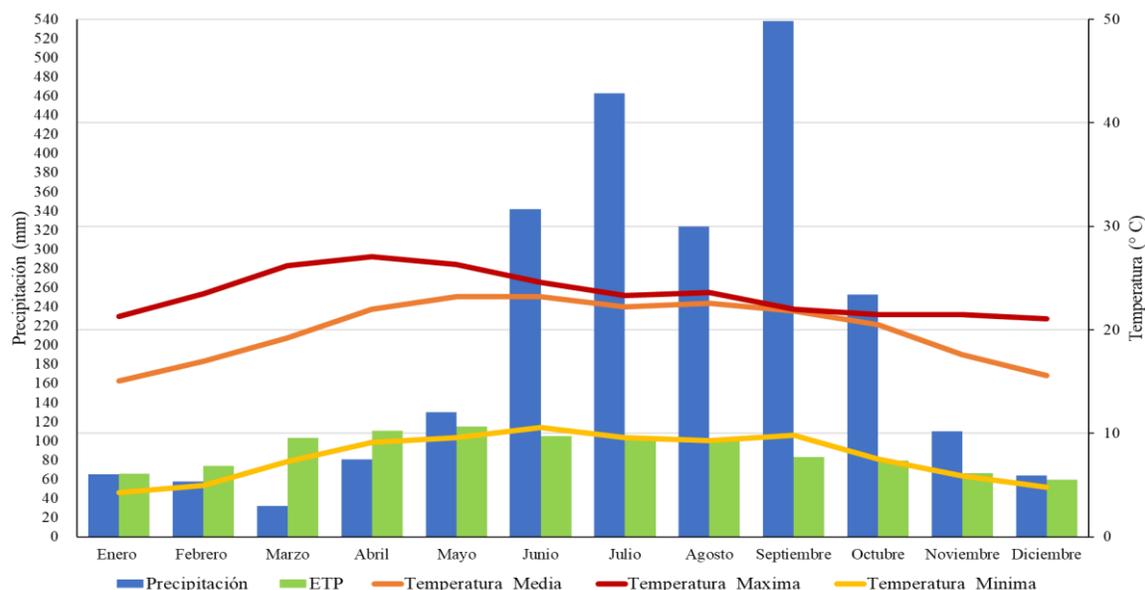


Figura 10. Climograma de la comunidad Olma Yahualica, Hidalgo. Elaboración propia (2019) con datos del programa New_LocClim_1.10.

II. Materiales y métodos

Contexto físico y social de la evaluación

El trabajo se realizó con productores de maíz y frijol en la localidad Olma, municipio Yahualica, Hidalgo. La evaluación se realizó entre el 26 y 31 de Marzo de 2018 con 13 productores cooperantes de la localidad de Olma; fueron seleccionados mediante un método de muestreo no probabilístico discrecional donde se consideró únicamente a los productores interesados en participar en la evaluación.

La caracterización de los productores se realizó a través de una encuesta con preguntas agrupadas en cuatro secciones; Información general, social, económica y de producción (Anexo 1); la información recabada se procesó, y se generó una base de datos utilizando Microsoft Excel 2013 (Microsoft Corp., Redmond, Wash) para simplificar su manejo. El tratamiento de los registros se realizó utilizando estadística descriptiva para obtener las observaciones que se utilizaron en los siguientes análisis.

Para evaluar la sustentabilidad de los sistemas de producción de maíz y frijol, se utilizó la metodología MESMIS (Masera *et al.*, 2000). En este estudio se midieron 20 indicadores y se representaron tres dimensiones de sustentabilidad: económica, ambiental y social mediante seis atributos definidos por Arnés (2011), como se muestra en la Tabla 3.

Se seleccionó la productividad como principal atributo económico, para proporcionar información sobre el posible efecto que el rendimiento tiene en la decisión de plantar maíz y frijol sobre la eficiencia en el uso de los recursos. Se evaluaron los atributos ambientales/ecológicos de estabilidad, resiliencia y confiabilidad para evaluar la disponibilidad y conservación de los recursos de producción que aseguran la actividad económica a lo largo del tiempo; estos atributos también están relacionados con la adecuada integración de las actividades económicas con el medio ambiente, así como con la vulnerabilidad del sistema a los riesgos externos.

Los atributos de adaptabilidad y autogestión forman parte de la dimensión social. El primero proporciona una idea de la capacidad del sistema para evolucionar y aprender a adaptarse a las nuevas condiciones impuestas por el nuevo entorno físico y socioeconómico. Finalmente, el atributo de la autosuficiencia sirvió para evaluar la capacidad de control y la capacidad de respuesta de quienes manejan el sistema.

Los indicadores que permitieron evaluar las dimensiones y atributos de sustentabilidad se seleccionaron considerando los evaluados en trabajos similares como los publicados por Dominguez-Hernandez *et al.* (2018) y Arnés *et al.* (2013) donde se evaluaron sistemas agrícolas tradicionales.

Los puntos críticos de los sistemas de maíz y frijol fueron identificados a través de entrevistas con productores y mediante observación personal de las condiciones en que se desarrollan las actividades inherentes a la producción.

Después de medir cada indicador, se comparó el valor con la unidad de referencia asignando así una puntuación (valor ponderado) entre 0 (peor) y 10 (mejor) a los indicadores de cada grupo. Se asignó un valor ponderado de 5 a los valores de referencia para crear una línea base. Los valores de referencia se obtuvieron de la literatura y/o se estimaron utilizando datos públicos. Con los resultados obtenidos, los indicadores fueron ponderados para generar un diagrama de AMIBA, que constituye la representación gráfica de la sustentabilidad del sistema.

Tabla 3. Indicadores económicos, ambientales y sociales utilizados para el análisis de sustentabilidad en los agroecosistemas de producción de Maíz y frijol en la comunidad Olma Yahualica, Hidalgo.

Atributo	Criterio de diagnóstico	Dimensión	Indicador
Productividad	Eficiencia (Rentabilidad)	Económica	Rendimiento
		Económica	Ingreso neto
		Económica	Relación costo beneficio
		Ambiental	Eficiencia energética
Autogestión	Autosuficiencia	Económica	Nivel de autofinanciamiento
		Económica	Porcentaje de autosuficiencia en alimentos
	Control	Social	Tenencia de la tierra
Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	Conservación de recursos	Ambiental	Contenido N
			Contenido P
			Contenido de K
			Contenido de M.O (%)
	Fragilidad del sistema	Ambiental	Eficiencia en el uso de agua
			Índice de plagas
			Índice de malezas
	Calidad de vida	Social	Alfabetismo
Mano de obra familiar no remunerada y participación del productor			
Adaptabilidad	Capacidad de cambio e innovación	Ambiental	Índice de diversidad
		Social	Asesoría técnica recibida
		Social	Interés en recibir asesoría técnica
		Social	Dependencia de insumos externos (DIE)

Elaboración propia (2019)

Caracterización física y química de los suelos en las unidades de producción

Para caracterizar física y químicamente el suelo de las unidades de producción se tomó una muestra compuesta a 30 cm en cada parcela evaluada; las muestras fueron secadas, molidas y tamizadas con una malla de 2 mm; posteriormente se determinaron: densidad aparente y densidad real, porcentaje de espacio poroso, pH potencial y real, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de materia orgánica, nitrógeno nítrico y amoniacal, fósforo, potasio, porcentaje de saturación de bases, calcio y magnesio disponible.

La densidad aparente se midió con el método de la probeta y la densidad real utilizando un matraz aforado, un matraz volumétrico para determinar el área y volumen que ocupa una submuestra de 10 g; el pH se midió con el método potenciométrico con una relación muestra agua de 1 a 2.5, el nitrógeno, fósforo y potasio se determinaron mediante lectura con el medidor c215 Grow Master Basic (Hanna Instruments®), el porcentaje de materia orgánica con el método de Walkley y Black, calcio y magnesio asimilables con el método complejométrico con EDTA, la capacidad de intercambio catiónico y la saturación de bases se calculó mediante el método de percolación y titulación. Los análisis que se realizaron fueron con base en lo propuesto por Valencia, (2018).

Propuesta de mejora

La evaluación de la sustentabilidad e identificación de los puntos críticos positivos y negativos del sistema sirvieron para la construcción de una propuesta de mejora para los sistemas de producción. En dicha propuesta se contempló la capacitación para implementar técnicas que se adapten a las condiciones locales y recursos disponibles en la comunidad. Se desarrollaron como tema base para la capacitación: 1) Control de plagas y malezas con base en un manejo integral, 2) Densidades de siembra, 3) Selección masal de semilla, 4) Elaboración de abonos orgánicos, 5) Huertos de traspatio, 6) Producción de café. Además, se elaboró un manual con las propuestas de mejora, para la implementación de huertos de traspatio, y otro sobre producción de café.

III. Resultados y discusión

Resultados

Caracterización socioeconómica de la localidad Olma

La vía de acceso a la localidad es a través de una vereda que se recorre a pie en un periodo aproximado de 40 minutos, el poblado no cuenta con servicio de alcantarillado público, drenaje ni luz eléctrica, el total de los habitantes usa leña para la cocción de sus alimentos. El 61.5 % de las viviendas son de adobe; el resto de block.

La principal actividad económica es el trabajo como jornalero, realizada por el 58.8 % de los habitantes encuestados. El ingreso total mensual promedio de 2089.23 pesos, algunos productores reciben apoyos gubernamentales como Prospera (76.9 %, recibido indirectamente) 70 y más (15.4 %) y Procampo (15.4 %). Cada productor tiene un promedio de dos dependientes económicos.

La edad promedio de los productores es de 38 años, todos hablan español y náhuatl. El nivel de escolaridad promedio es de siete años; el 53.8 % concluyeron la secundaria, el 23 % la preparatoria, el 7.7 % cursaron hasta segundo año de primaria y el resto no asistió a la escuela.

La superficie promedio sembrada por productor es de 3211.54 m², sin embargo, el 53.8 % de los productores tiene menos de un cuarto de hectárea, y sólo el 7.7 % tienen más de media hectárea. El 46.2 % de las tierras para producción son prestadas por algún familiar ejidatario; únicamente el 38.5 % de los ejidatarios cultivan en sus propias tierras. El 15.4 % es pequeña propiedad.

Las unidades de producción se encuentran en terrenos de lomerío y la producción se realiza bajo condiciones de temporal. El 38 % de los productores cultivan únicamente maíz, el 53.9 % siembra maíz y frijol, pero en diferente terreno o tiempo; el 7.7 % siembra maíz y frijol en asociación. El 7.7 % de los productores tienen animales de carga. El rendimiento promedio por hectárea de maíz en la comunidad es de 2.32 toneladas y el del frijol es de 570 kg/ ha.

El suelo en las parcelas tiene textura media franco arcillosa (33.90 % arcilla, 34.55 % limo y 31.56 % arena promedio), son ligeramente ácidos (pH entre 6.20 y 6.84). El contenido de

Calcio asimilable esta entre 4800.096 kg/ha y 11628.804 kg/ha el contenido de Magnesio asimilable esta entre 3017.203 kg/ha y 8372.739 kg/ha.

Fase 1. Definición del objeto de estudio

Los agroecosistemas maíz y frijol de Olma fue caracterizado a partir de 13 unidades de producción en el periodo de febrero a junio de 2018. Los sistemas de producción son tradicionales bajo condiciones de temporal, con bajo consumo de insumos externos, utilizan mano de obra familiar y la mayor parte de las labores se realizan en forma manual, el objetivo de la producción es para autoconsumo (Tabla 4)

Tabla 4. Característica de la producción de Maíz y Frijol en Olma, Yahualica, Hidalgo

Determinantes del agroecosistema		Características de los agroecosistemas de referencia
	Biofísicas	Sección I, apartado “Contexto físico municipio de Yahualica, Hidalgo”
	Especies y variedades manejadas	Frijol y Maíz semilla criolla
	Sistema de Cultivo	Tradicional
Tecnológicas y de manejo	Tecnología empleada	Manual
	Fertilización	No
	Prácticas de conservación	No
	Manejo de plagas y enfermedades	Químico
	Manejo de arvenses	Manual/Químicas
	Características de los productores	Productores indígenas
Socioeconómicas y culturales	Objetivo de la producción	Autoconsumo
	Característica de la organización para la producción	Ejidatarios

Elaboración propia (2019)

Fase 2. Identificación de los puntos críticos del sistema

Con los resultados obtenidos de las entrevistas y observaciones personales realizadas, se identificaron trece puntos críticos que se muestran agrupados en atributos de sustentabilidad en la Tabla 5.

Tabla 5. Puntos críticos por atributo en los agroecosistemas maíz y frijol en Olma, Yahualica, Hidalgo.

Atributo	Puntos críticos
Productividad	Bajo rendimiento Baja calidad del producto Mano de obra
Estabilidad, resiliencia, confiabilidad	Calidad del suelo Etnia Nutrición de plantas Daños por plagas y malezas
Adaptabilidad	Altos precios de los insumos Aceptación de asesorías técnicas externas
Autogestión	Deterioro de la organización comunitaria Deudas Dependencia de insumos externos Tenencia de la tierra

Elaboración propia (2019)

Fase 3. Selección de los criterios de diagnóstico e indicadores

Los criterios de diagnóstico seleccionados permitieron evaluar las dimensiones ambientales, económicas y sociales de los sistemas de producción maíz y frijol en Olma. Se consideraron ocho criterios de diagnóstico, agrupados en tres dimensiones de sustentabilidad; los criterios fueron evaluados con 20 indicadores (Tabla 6).

Fase 4. Medición y monitoreo de los indicadores

Después de medir cada indicador, se comparó el valor con la unidad de referencia asignado así una puntuación entre 0 (peor) y 10 (mejor) a los indicadores de cada atributo. Los valores de referencia se obtuvieron de la literatura o se estimaron utilizando datos públicos, se ponderaron en 5 para crear una línea base, en la Tabla 7 se presentan sin ponderar.

Tabla 6. Criterios de diagnóstico e indicadores de sustentabilidad para la evaluación de sistemas producción de Maíz Frijol

Atributo	Criterio de diagnostico	Dimensión	Indicador
Productividad	Eficiencia (Rentabilidad)	Económica	Rendimiento
		Económica	Ingreso neto
		Económica	Relación costo beneficio
		Ambiental	Eficiencia energética
Autogestión	Autosuficiencia	Económica	Nivel de autofinanciamiento
		Económica	Porcentaje de autosuficiencia en alimentos
	Control	Social	Tenencia de la tierra
Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	Conservación de recursos	Ambiental	Contenido N
			Contenido P
			Contenido de K
			Contenido de M.O (%)
	Fragilidad del sistema	Ambiental	Eficiencia en el uso de agua
			Índice de plagas
			Índice de malezas
	Calidad de vida	Social	Alfabetismo
Social		Mano de obra familiar no remunerada y participación del productor	
Diversidad en el tiempo y espacio	Ambiental	Índice de diversidad	
Adaptabilidad	Capacidad de cambio e innovación	Social	Asesoría técnica recibida
		Social	Interés en recibir asesoría técnica
		Social	Dependencia de insumos externos (DIE)

Elaboración propia (2019)

Tabla 7. Resultados en el sistema de producción de Maíz y frijol en la localidad Olma Yahualica, Hidalgo

Indicador	Medición	Unidad de referencia	
Rendimiento	Encuestas (t- ha ⁻¹)	3.72 t ha ⁻¹ (Maíz)	0.69 t ha ⁻¹ (Frijol) (SIAP, 2016)
Ingreso neto	Ingreso bruto - costos totales de producción	\$3466.33 (Maíz)	\$-6539.305 (Frijol)
Relación costo beneficio	Beneficios totales /Costos de producción totales	1.36 (Maíz)	0.56(Frijol)
Eficiencia energética	Estimación: MJ producidos/MJ consumidos	35.19 MJ (Maíz) (Benaieian <i>et al.</i> , 2011; Gliessman, 1998; Mclaughlin <i>et al.</i> , 2000; Pimentel <i>et al.</i> , 1996)	5.27 MJ (Frijol)
Nivel de autofinanciamiento	(Subsidio gubernamental/costos totales de producción) *100	50% de los productores se autofinancian	
Porcentaje de autosuficiencia en alimentos	Estimación: número de productores que produce mayor igual que 891 kg de maíz / 25.2 kg frijol (Consumo anual para una familia de 3 personas), (SIAP, 2016)	50% de los productores satisfacen la demanda de maíz/frijol	
Tenencia de la tierra	Encuesta: Número de productores que pertenecen a ejidos	50% de los productores que corresponden a ejidos	
Contenido N	Análisis de suelos	180 kg/ha (Maíz)	134 kg/ha (Frijol) (Ruiz <i>et al.</i> , 2013)
Contenido P	Análisis de suelos	60 kg/ha (Maíz)	16 kg/ha (Frijol) (Ruiz <i>et al.</i> , 2013)
Contenido de K	Análisis de suelos	117 kg/ha (Maíz)	00 kg/ha (Frijol) (Ruiz <i>et al.</i> , 2013)
Contenido de M.O (%)	Análisis de suelos	1.00- 2.00 (Valencia, 2018)	
Eficiencia en el uso de agua	Rendimiento de grano /agua utilizada Considerando la Pp media obtenida por datos climáticos de Olma	0.26 kg/m3 (Maíz)	0.098 kg/m3 (Frijol)
Índice de plagas	Encuesta: número de productores que reportan incidencia de plagas en su parcela	50% sin incidencia de plagas	
Índice de malezas	Encuesta: número de productores que reportan incidencia de maleza en su parcela	50% sin incidencia de malezas	
Alfabetismo	Encuesta: número de productores alfabetas	69.5% (Valor medio municipal de alfabetismo, Yahualica, 2016)	
Mano de obra familiar no remunerada y	Encuesta: número de productores que utilizan mano de obra familiar y participan en la producción	50% mano de obra familiar y participación del productor	

Continuación Tabla 7. Resultados en el sistema de producción de Maíz y frijol en la localidad Olma Yahualica, Hidalgo

Indicador	Medición	Unidad de referencia
participación del productor		
índice de diversidad	Encuesta: Número de cultivos por parcelas	2 Cultivos
Asesoría técnica recibida	Encuesta: número de productores que han recibido asesoría técnica	50% han recibido asesoría técnica
Interés en recibir asesoría técnica	Encuesta: Número de productores interesados en recibir asesoría técnica	50% de los productores interesados en recibir asesoría técnica
Dependencia de insumos externos (DIE)	$DIE = (\text{Costos de insumos externos} / \text{costos totales de insumos}) * 100$	53.17% (Maíz) (DIE con rendimiento promedio)

Elaboración propia (2019)

Los indicadores cuyo valor ponderado sea mayor o igual a cinco, son considerados puntos críticos positivos; los que están por debajo del cinco son puntos críticos negativos que requiere atención para su mejora.

Fase 5. Integración de resultados

Dimensión Económica

El rendimiento del maíz en la comunidad es 37.6 % menor que la media nacional, mientras que en el frijol la reducción fue de 100 kilogramos con respecto al valor de referencia; en ambos casos el indicador se considera un punto crítico negativo del sistema ya que el productor invierte más de lo que podría ganar si se asignara un precio de venta a los productos. El rendimiento genera valores negativos para los indicadores relación costo beneficio e ingreso neto, esto indica que, con los niveles de producción actuales no es posible recuperar la inversión inicial (Tabla 8)

Tabla 8. Indicadores económicos seleccionados utilizados para el análisis de sustentabilidad MESMIS de los sistemas de producción de maíz y frijol en Olma, Hidalgo.

Indicador	Agroecosistema maíz	Agroecosistema frijol
Rendimiento (ton/ha)	2.32	0.57
Ingreso neto (\$)	3,456	-1699.1
Relación costo beneficio	1.7	0.59
Nivel de autofinanciamiento (%)	84.62	84.62
Porcentaje de autosuficiencia en la producción de alimentos (%)	38.46	86

Elaboración propia (2019)

El nivel de autofinanciamiento es un punto crítico positivo ya que los productores no dependen de apoyo financiero otorgado por alguna dependencia pública o privada, así que los costos de producción son cubiertos por ellos mismos lo que podría garantizar la existencia de los agroecosistemas. En el mismo estado se encuentran el indicador de porcentaje de autosuficiencia de alimentos para el frijol ya que la cosecha de este cultivo les sirve para cubrir las necesidades de la familia, convirtiéndose en un ahorro; sin embargo, en el cultivo

de maíz no es así, ya que no cubre la cantidad necesaria para suministrar el autoconsumo de la familia.

Dimensión Social

La mayoría de los indicadores evaluados en la dimensión social son positivos, excepto la dependencia de insumos externos y la tenencia de la tierra. En el indicador dependencia de insumos externos se encontró que el 100 % de los productores invierten en compra de plaguicidas y herbicidas, sin embargo, estos insumos representan el 19.66 % y 9.34 % en maíz y frijol respectivamente del total de los costos de producción. Sólo el 38.5 % de las tierras son ejido, el 46.2 % produce en tierras prestadas por algún familiar ejidatario. La participación familiar en la mano de obra y la participación directa del productor favorecen la existencia de los sistemas de producción y permiten una reducción de los costos de producción; más del ochenta por ciento de los productores saben leer y escribir lo que favorece el interés por recibir asesorías técnicas; esta característica permitió realizar el proceso en forma más fácil y eficiente (Tabla 9).

Tabla 9. Indicadores de la dimensión social para la evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas maíz y frijol en Olma, Hidalgo.

Indicador	Agroecosistema maíz	Agroecosistema frijol
Tenencia de la tierra (%)	38.50	38.50
Alfabetismo (%)	84.62	84.62
Mano de obra familiar no remunerada y participación del productor (%)	100	100
Asesoría técnica recibida (%)	100	100
Interés en recibir asesoría técnica (%)	92.30	92.30
Dependencia de insumos externos (DIE) (%)	85	37.57

Elaboración propia (2019).

Dimensión Ambiental

En la dimensión ambiental, el indicador de contenido de Nitrógeno es negativo debido a que los productores no utilizan ningún fertilizante ni abono, para los cultivos (Tabla 10).

Tabla 10. Indicadores de la dimensión ambiental seleccionados utilizados para el análisis de sustentabilidad MESMIS de los sistemas de producción de maíz y frijol en Olma, Hidalgo.

Indicador	Agroecosistema maíz	Agroecosistema frijol
Eficiencia energética (MJ/MJ)	21.9	4.4
	N: 68.1	68.1
Contenido de nutrientes y materia orgánica (kg ha ⁻¹ , %)	P: 63.7	63.7
	K: 197.6	197.6
	MO: 2.9	2.9
Eficiencia en el uso de agua (kg m ⁻³)	0.16	0.081
Incidencia de plagas (%)	0%	0%
Incidencia de malezas (%)	0%	0%
Índice de diversidad (cultivos por parcela)	1.61	1.61

Elaboración propia (2019)

El agroecosistema maíz es más eficiente en la conversión energética de insumos en productos, por cada Megajoule consumido se producen 21.9 MJ, en frijol por cada unidad consumida se produce únicamente 4.4 MJ en ambos sistemas el indicador representa un punto crítico negativo ya que está por debajo de la eficiencia energética calculada con el rendimiento de referencia. La eficiencia en el uso del agua es un indicador negativo en ambos agroecosistemas debido a los bajos rendimientos, en maíz por cada metro cúbico de agua se produce 0.16 kilogramos, mientras que en frijol se produce 0.081 kilogramos

En el total de las parcelas se reportó incidencia de plagas y malezas, ambos indicadores representan un punto crítico negativo: entre los problemas reportados están el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gorgojo (*Sitophilus zeamais*) y malezas como: pica pica (*Stizolobium pruriens* (L.) Medik) y mozote (*Cenchrus echinatus* L.). Como valor de referencia para el índice de diversidad se consideraron 2 cultivos en la parcela, únicamente el 53.85 % de los productores cumplen con esta condición lo que hace que el indicador sea un punto crítico negativo.

Los resultados obtenidos para cada uno de los indicadores fueron ponderados con respecto al valor de referencia para generar un diagrama de AMIBA, que constituye la representación gráfica de la sustentabilidad del sistema (Figura 11). Los atributos de sustentabilidad agrupan

los indicadores como sigue: productividad (indicadores rendimiento a eficiencia energética), autogestión (nivel de autofinanciamiento a tenencia de la tierra), estabilidad, resiliencia, y confiabilidad (contenido de nitrógeno a índice de diversidad), adaptabilidad (asesoría técnica recibida a dependencia de insumos externos). Las calificaciones generales de sustentabilidad son de 5.1 para el agroecosistema de maíz y de 5.5 en el agroecosistema de frijol, tomando como valor máximo 10 (Anexo 2).

Fase 6. Conclusiones y recomendaciones sobre el sistema de manejo

Propuesta de mejora

De acuerdo con los resultados obtenidos en la fase anterior, se determinó que los agroecosistemas maíz y frijol pueden mejorarse mediante capacitación, para este fin se propusieron algunas modificaciones que se adaptan a las necesidades y recursos de los productores cooperantes. Además de las capacitaciones, se entregó un manual con la información presentada en las sesiones, la propuesta de mejora tiene como objetivo principal elevar el rendimiento de los agroecosistemas evaluados (Anexo 3).

Capacitación 1: Control de plagas y malezas

Justificación: El total de los productores encuestados reportó incidencia de plagas y maleza; todos aplican plaguicidas para el control de gusano cogollero en el maíz y para gusano barrenador del tallo en frijol. El 7.7% de los productores aplica herbicida, los demás realizan control manual de maleza.

Objetivo: Controlar las plagas y malezas con base en un manejo integral para la mejora de la eficiencia de los métodos actuales.

Descripción: Se presentó información referente a los daños, características principales y métodos de control disponibles para las especies reportadas. Además, se propusieron alternativas para el almacenamiento de los granos, entre ellas silos herméticos con botellas de PET.

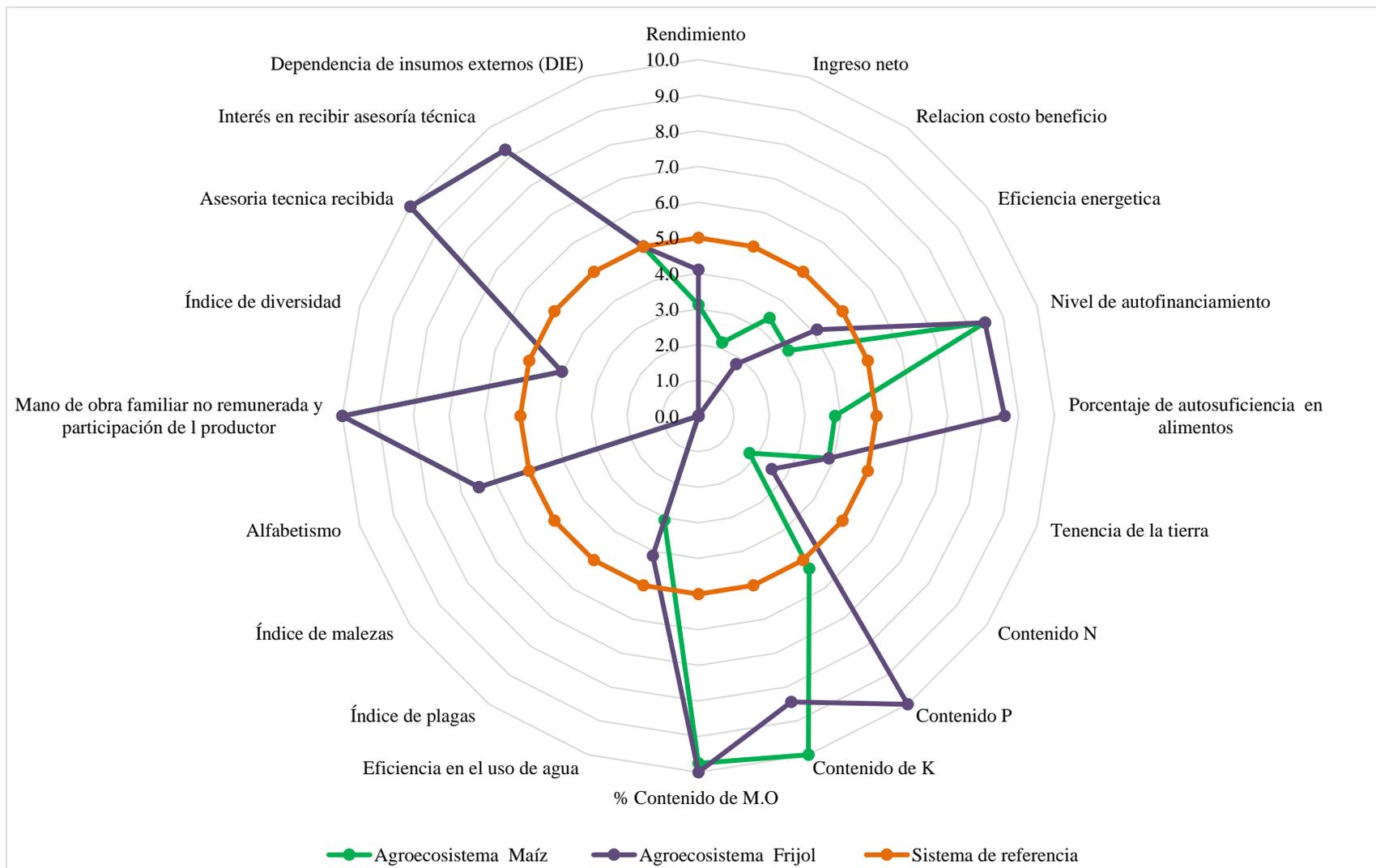


Figura 11. Diagrama de Amiba del sistema de producción actual de maíz de Olma, Yahualica, Hidalgo. Elaboración propia (2019).

Capacitación 2: Densidades de siembra

Justificación: Esta propuesta se realizó porque durante los recorridos en campo se detectó que la siembra se realiza en matas con una distancia aproximada de 1 m y colocando 4 semillas por golpe; esto genera densidad de plantación baja y competencia entre las plantas.

Objetivo: Proponer una densidad de siembra que permita un mayor número de plantas por hectárea y evite la competencia por el uso de matas, con el fin de mejorar el rendimiento por unidad de superficie.

Descripción: Se explicó como calcular la densidad de siembra y cuáles son los problemas que se generan por competencia al utilizar matas. La propuesta presentada fue utilizar distancias entre planta de 25 cm colocando una semilla por cavidad a una profundidad de 3 cm para maíz; para frijol se recomendaron 20 cm entre planta y 3 cm de profundidad.

Capacitación 3: Selección de semillas

Justificación: El 84.6 % de los productores realizan la selección de semilla en su casa buscando las mazorcas más grandes y bonitas, sin tomar en cuenta las condiciones en que se encontraba la planta de donde proviene.

Objetivo: Obtener semilla de mejor calidad para el siguiente ciclo de cultivo, a través del método de selección masal con el fin de mejorar el rendimiento.

Descripción: Se propuso el método de selección masal, explicándoles que es, cómo se realiza y los beneficios que se generan en un ciclo de cultivo.

Capacitación 4. Elaboración de abonos

Justificación: Esta propuesta se hizo porque no todos los productores aplican abono o fertilizante lo que ocasiona bajos rendimientos en los cultivos. Además, se planteó como una alternativa agroecológica porque los productores no desean utilizar fertilizantes químicos.

Objetivo: Capacitar en la obtención de abonos orgánicos con el fin de aplicarlos para la mejora de la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos.

Descripción: Se presentaron las principales funciones de los nutrientes en las plantas y se capacito en el proceso de elaboración de composta y lombricomposta.

Alternativas de producción

Además de las mejoras propuestas para los sistemas maíz y frijol, se sugirió considerar alternativas de producción que permitan diversificar los productos obtenidos con el fin de mejorar la alimentación y la economía familiar (Anexo 4).

Alternativa 1: Huertos de traspatio

La comunidad no cuenta con rutas de comunicación lo que limita el acceso a mercados dónde los habitantes adquieren sus alimentos; actualmente, los pobladores tienen que caminar por una vereda entre cuarenta minutos y una hora para llegar al centro del municipio de Yahualica, por ello, los huertos de traspatio pueden proporcionar hortalizas que complementen la dieta actual.

Objetivo del curso: capacitar a las mujeres de la comunidad interesadas en la producción de huertos de traspatio para la obtención de hortalizas para autoconsumo o venta.

Descripción: Se realizó una invitación extensiva a las mujeres de la comunidad para asistir a un curso de capacitación. En el curso se presentaron diferentes prácticas para la producción hortícola en huertos de traspatio, el manejo de plagas y maleza y los tipos de siembras en diferentes especies. Al final de la capacitación se entregó un manual impreso con la información presentada, asistieron 10 personas.

Alternativa 2: Producción de café

Justificación: Esta alternativa fue solicitada por los productores debido a que en la zona se produce el cultivo, sin embargo, en la comunidad algunas plantaciones fueron abandonadas. Actualmente existe interés en rehabilitarlos.

Objetivo: Capacitar a los productores interesados en las principales prácticas de producción del cultivo de café, con el fin de reactivar la producción del cultivo en la zona.

Descripción: Se capacitó a siete productores en los temas de selección de semillas, establecimiento de almácigos, manejo de viveros, trasplante, poda, manejo de sombra, control de plagas y enfermedades y se les entregó un manual impreso.

Discusión

Los agroecosistemas son dinámicos y complejos debido a la interacción entre los procesos sociales, económicos y ambientales (Altieri, 2002), por ello, el mejoramiento debe realizarse integrando estos procesos. En diferentes investigaciones realizadas para evaluar la sustentabilidad en sus tres dimensiones, se menciona la importancia de la evaluación a nivel local (González *et al.*, 2006; Ramírez *et al.*, 2014). La evaluación a este nivel permite compartir las soluciones con los productores y hacerlos partícipes del proceso de mejora (López *et al.*, 2000)

La productividad es el atributo que más efecto tiene en la sustentabilidad de los agroecosistemas maíz y frijol en la comunidad de Olma; el rendimiento obtenido en las parcelas determina la eficiencia en el uso de recursos para la producción como fertilizantes, agua y mano de obra. Además, define el ingreso del productor que proviene de la producción de maíz y frijol, que es menor al 4.7 % y 5.4 %, respectivamente. Considerando la venta de los productos y el dinero ahorrado debido al autoconsumo, el ingreso es de 22.72 % en maíz y 5.35 % en frijol con respecto al total anual, estos resultados coinciden con los presentados en estudios sobre producción de maíz en áreas peri-urbanas y rurales (Ayala *et al.*, 2013; Lerner *et al.*, 2013) quienes establecen que el rendimiento es uno de los indicadores que tienen mayor influencia en la sustentabilidad ya que de él dependen otros indicadores utilizados en la evaluación.

La producción tradicional de maíz y frijol en México coincide con los procesos que se consideran dentro de la agricultura sustentable, como tener más de un cultivo en la parcela, las rotaciones y la aplicación de estiércol (Arnés *et al.*, 2013). El uso de variedades mejoradas, los programas para fertilización y la aplicación de agroquímicos tienen poca adopción entre los productores de zonas rurales con alto grado de marginación (Arnés *et al.*, 2013; Lerner *et al.*, 2013) como es el caso de los productores de Olma. Con la información obtenida se determinaron 9 puntos críticos que inciden directamente en la productividad los cuales son: eficiencia energética, eficiencia en el uso del agua, índice de plagas, índice de malezas, dependencia de insumos externos, contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica.

La mejora de las prácticas de producción, la asistencia técnica, el acceso a crédito y las políticas de precios podrían influir en los productores tradicionales para incrementar los rendimientos en forma sustentable (Zinck *et al.*, 2005). Por ello, para la comunidad se propusieron 4 cursos de capacitación (control de plagas y malezas, densidades de siembra, selección de semillas y elaboración de abonos) orientados a la implementación de prácticas que conduzcan al incremento de los rendimientos y en consecuencia a la mejora de los indicadores de sustentabilidad relacionados. En sistemas que utilizan prácticas sustentables donde se logra el aumento del rendimiento, también se incrementa la eficiencia en el uso del agua y los nutrientes (Mafongoya *et al.*, 2016). Por ello, las prácticas propuestas fueron seleccionadas de acuerdo con la capacidad de la comunidad de tal forma que estas sean fáciles de replicar y puedan mejorar la sustentabilidad. La mano de obra utilizada para la producción en Olma es familiar no remunerada, esto incrementa la participación del productor en la producción pero limita la disponibilidad de horas hombre para realizar cambios extremos en el sistema de producción lo que coincide con investigaciones como las realizadas por (Arnés *et al.*, 2013)

La siembra de semillas criollas es una parte esencial para la genética de los cultivos, como el maíz (Massieu y Lechuga, 2002), por ello en este trabajo se propuso la implementación de la selección masal para la obtención de semilla de maíz y frijol en la comunidad de Olma. Por otra parte, la utilización de abonos orgánicos que se propone como mejora puede aumentar los rendimientos de los cultivos agrícolas para la alimentación humana, disminuir el uso de agroquímicos potencialmente perjudiciales para la salud y el ambiente a largo plazo; lo que coincide con lo reportado por Ramos y Terry (2014) quienes utilizaron residuos para la producción de abonos orgánicos que disminuyan los efectos negativos derivados del uso excesivo de fertilizantes sintéticos.

Los huertos familiares permiten que las familias obtengan productos diversificados para su alimentación (FAO, 2005), el huerto constituye una alternativa apropiada para que la familia produzca y consuma a bajo costo productos frescos y saludables para una dieta balanceada. Además, se propuso la producción de café para incrementar la diversificación de los cultivos y elevar la economía del productor, ya que es un cultivo estratégico en México (SAGARPA, 2017c)

IV. Conclusiones

Este trabajo permitió caracterizar a los productores de la comunidad de Olma e identificar los puntos críticos positivos y negativos que deben ser tomados en cuenta para proponer mejoras o realizar estudios posteriores. Entre los factores que deben ser considerados para mejorar a los agroecosistemas maíz y frijol se encuentran: el control de la maleza y las plagas, aplicación de nutrientes en forma de abonos, la selección de semillas y la densidad de siembras, esto puede conducir a incrementos en el rendimiento que mejoren las condiciones económicas de los productores incrementando con ello su seguridad alimentaria.

La calificación de sustentabilidad de los sistemas de producción, con base en la ponderación respecto a los valores de referencia fue de 5.1 para maíz y 5.5 para frijol, ambos sistemas se encuentran mejor en la dimensión social ya que todos los productores han recibido asesoría técnica y están interesados en seguir recibéndola, saben leer y escribir lo que facilita la transmisión de la información, además la participación del productor y su familia en la producción hace factible la implementación de las prácticas propuestas. La dimensión con más indicadores negativos es la económica, ya que el principal indicador es el rendimiento del cual dependen otros como el ingreso neto y la relación costo beneficio.

La dimensión ambiental tuvo varios puntos negativos como la eficiencia energética, el contenido de nitrógeno y fosforo, la eficiencia en el uso del agua, el índice de plagas y maleza e índice de diversidad, debido a que no se realizan las labores culturales adecuadas y todo esto acumula deficiencias en los cultivos y en consecuencia disminución del rendimiento.

Los resultados de este trabajo indican que la integración de las técnicas de producción utilizadas por los productores con las propuestas puede conducir a la mejora de los agroecosistemas sin necesidad de hacer cambios extremos en las condiciones actuales, además es posible que esto se logre por el interés que existe para recibir asesoría técnica.

La evaluación de sustentabilidad permitió generar una línea base para Olma Yahualica, Hidalgo, México, útil para el desarrollo de investigaciones futuras, como serían el monitoreo de los indicadores de sustentabilidad o la evaluación de las prácticas de mejora propuestas.

Referencias

- Altieri, M. (2002). Agroecology: The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93(1–3), 1–24. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00085-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00085-3)
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2000). *Teoría y práctica para una agricultura sustentable Miguel Altieri (1°)*. Recuperado de https://www.icia.es/icia/download/Agroecología/Material/Teoria_agricultura_sustentable.pdf
- Arnés, E. (2011). *Desarrollo de la metodología de evaluación de sostenibilidad de los campesinos de montaña en San José de Cusmapa (Nicaragua)*. 67. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/279659206_Desarrollo_de_la_Metodologia_de_Evaluacion_de_la_Sostenibilidad_de_los_campesinos_de_montana_en_San_Jose_de_Cusmapa_Nicaragua
- Arnés, E., Antonio, J., Del Val, E., & Astier, M. (2013). Sustainability and climate variability in low-input peasant maize systems in the central Mexican highlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 181, 195–205.
- Arnés, E., Antonio, J., Del Val, E., & Astier, M. (2013). Sustainability and climate variability in low-input peasant maize systems in the central Mexican highlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 181, 195–205. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.022>
- Astier, M., Masera, O. R., & Galván-Miyoshi, Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinamico y multidimensional* (1a.). México: Mundi Prensa.
- Ayala, A., Schwentesius, R., De la O, M., Preciado, P., Almaguer, G., & Rivas, P. (2013). *Análisis de rentabilidad de la producción de maíz en la región de Tulancingo, Hidalgo, México*.
- Ayala, A., Schwentesius, R., Gómez, M., & Almaguer, G. (2008). *Competitividad del frijol mexicano frente al de Estados Unidos en un contexto de liberalización comercial*. 01(595). Recuperado de cielo.org.mx/pdf/regsoc/v20n42/v20n42a2.pdf

- Barreiro, M. (1997). La producción del frijol en México: diversidad y libre mercado. *Abriendo surcos*, 1–44. Recuperado de <https://info.aserca.gob.mx/claridades/revistas/044/ca044.pdf>
- Benaiean, N., & Zangeneh, M. (2011). Study on energy efficiency in corn production of Iran. *Energy*, 36, 5394–5402.
- Calvente, I. A. M. (2007). *El concepto moderno de sustentabilidad* (pp. 1–7). pp. 1–7. Recuperado de <http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/sde/UAIS-SDS-100-002 - Sustentabilidad.pdf>
- CDRSSA. (2014). *La Seguridad Alimentaria y la población rural*. Recuperado de <http://www.cedrssa.gob.mx/>
- Comision Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1987). *Our Common Future*. New York: Oxford University Press.
- Diario Oficial de la Federación. (2014). *Decreto por el que se aprueba el Programa México Sin Hambre* (p. 131). p. 131. Recuperado de www.dof.gob.mx
- Dominguez-Hernandez, M., Zepeda-Bautista, R., Valderrama-Bravo, M. del C., Dominguez-Hernandez, E., & Hernandez-Aguilar, C. (2018). Sustainability assessment of traditional maize (*Zea mays* L.) agroecosystem in Sierra Norte of Puebla, Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(4), 383–406.
- FAO. (2005). *Huerto Familiar Integrado* (p. 19). p. 19. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-at761s.pdf>
- FAO. (2015). *Agricultura sostenible Una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe* (p. 48). p. 48. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i5754s.pdf>
- FIRCO. (2017). El frijol, parte de la trilogía de alimento en el México prehispánico. Recuperado de http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm

- García, J., Rodríguez, G., Sáenz, A., & Rebollar, S. (2006). *Políticas para mejorar la competitividad de la producción de maíz y frijol en México*.
- Gliessman, S. R. (1998). *Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture*. Chelsea, MI: Ann Harbor Press.
- Gliessman, S. R. (2015). *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*. 3rd ed. CRC Press.
- González-Esquivel, C., Ríos-Granados, H., Brunnet-Pérez, L., Zamorano-Camiro, S., & Villa-Méndez, C. (2006). ¿Es posible evaluar la dimensión social de la sustentabilidad?: Aplicación de una metodología en dos comunidades campesinas del valle de Toluca, México. *Convergencia*, 13(40), 107–139.
- Hernández, E. (1988, agosto). La agricultura tradicional en México. *Comercio exterior*, 38, 673–678. Recuperado de <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/189/2/RCE2.pdf>
- INEGI. (2007). *Panorama agropecuario en Hidalgo*. Recuperado de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuario/2007/panora_agrop/hgo/PanoagroHgo.pdf
- INEGI. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Yahualica , Hidalgo Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. , (2009).
- Lerner, A. M., Eakin, H., & Sweeney, S. (2013). Understanding peri-urban maize production through an examination of household livelihoods in the Toluca Metropolitan Area, Mexico. *Journal of Rural Studies*, 30, 52–63. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2012.11.001>
- López-Ridaura, S., Masera, O., & Astier, M. (2000). Evaluating the sustainability of integrated peasantry systems - The MESMIS Framework. *Ecological indicators*, December 2, 28–30.

- Mafongoya, P., Rusinamhodzi, L., Siziba, S., Thierfelder, C., Mvumi, B. M., Nhau, B., ... Chivenge, P. (2016). Maize productivity and profitability in Conservation Agriculture systems across agro-ecological regions in Zimbabwe: A review of knowledge and practice. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 220, 211–225. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.017>
- Martínez, C. (2011). *Agricultura sustentable y seguridad alimentaria*. Recuperado de <http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/01/00491-manual-de-sistemas-de-produccion-sostenible.pdf>
- Martinez, L., Vidal, D., Vidal, D., Balderrama, D., Cristobal, B., Avila, N., ... Reyes, N. (2016). Grupo de innovación territorial de la cademna de maíz de temporal. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(3), 56. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Masera, O., Astier, M., & Lopez-Ridaura, S. (2000). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales El marco de evaluación MESMIS* (Mundi-pren).
- Massieu Trigo, Y., & Lechuga Montenegro, J. (2002). *El maíz en México : biodiversidad y cambios en el consumo*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/413/41303610.pdf>
- Mclaughlin, N. B., Hiba, A., Wall, G. J., & King, D. J. (2000). Comparison of energy inputs for inorganic fertilizer and manure based corn production. *Can J Agric Eng*, 42, 2.1-2.14.
- Narváez, J. (2015). *Sistemas de cultivos en México*. Recuperado de <http://cincopordia.com.mx/wpcinco/wp-content/uploads/2015/11/Sistemas-de-Cultivo-en-México.pdf>
- Perea, J., Garcia, A., Toro, P., Rodriguez, V., Acero, R., & Gomez, A. (2010). *Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas*. <https://doi.org/10.21071/az.v59i232.4908>
- Pérez, J. P. (2010). Avance de la validación de biofertilizantes y densidad de siembra en maíz y frijol en la Huateca Hidalguense. *Innovando juntos*, 10–21.
- Pimentel, D., & M, P. (1996). Food, energy, and society. Niwot, CO. *University press of*

Colorado.

- Poliwal, R., Granados, G., Lafitte, R., & Violic, A. (2001). *EL MAÍZ EN LOS TROPICOS: Mejoramiento y producción* (FAO, Ed.). Recuperado de <http://www.fao.org/3/x7650s02.htm#TopOfPage>
- Ramírez-Sulvarán, J. A., Sigarro-Rieche, A. K., & Del Valle-Vargas, R. A. (2014). Characterization of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Farming Systems in the Norte de Santander Department and Assessment of Their Sustainability. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 67(1), 7177–7187. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v67n1.42635>
- Ramos, D., & Terry, E. (2014). *Revisión bibliográfica GENERALIDADES DE LOS ABONOS ORGÁNICOS: Review Generalities of the organic manures: Bocashi ' s importance like nutritional alternative for soil and plants*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193232493007.pdf>
- Ruiz, J., Medina, G., Gonzalez, I., Flores, H., Ramirez, G., Ortiz, C., ... Martinez, R. (2013). *Requerimientos agroecológicos de cultivos*. 564. Recuperado de [http://www.inifapcirpac.gob.mx/publicaciones_nuevas/Requerimientos Agroec de Cultivos 2da Edici%F3n.pdf](http://www.inifapcirpac.gob.mx/publicaciones_nuevas/Requerimientos_Agroec_de_Cultivos_2da_Edici%F3n.pdf)
- SAGARPA. (s/f). Grupo de innovación territorial de la cadena de maíz de temporal (Geit-maíz de temporal). Recuperado de <http://www.extensionismo.mx/sermexicano/docs/geit/20170110220523.pdf>
- SAGARPA. (2017a). Frijol Mexicano. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256428/B_sico-Frijol.pdf
- SAGARPA. (2017b). Maíz granoblanco y amarillo mexicano. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B_sico-Ma_z_Grano_Blanco_y_Amarillo.pdf
- SAGARPA. (2017c). Planeación agrícola nacional, Café Mexicano. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256426/B_sico-Caf_.pdf

- Sarandón, S. J. (2011). *Capítulo 2 La Agroecología : Su rol en el logro de una agricultura sustentable*. 1–16.
- SEDAGRO. (2019). Compendio agropecuario y pesquero del estado de Hidalgo. Recuperado de <http://sedagro.hidalgo.gob.mx/?p=7027>
- SEDESOL. (2017). Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social . Recuperado de http://diariooficial.gob.mx/SEDESOL/2017/Hidalgo_080.pdf
- SIAP. (2019). Anuario estadístico de la producción agrícola. Recuperado de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Trujillo, J. (1990). Desarrollo de una agricultura sustentable en México. *Comercio exterior*, 40, 953–958. Recuperado de <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/167/4/RCE4.pdf>
- Valencia, C. (2018). *Manual de Prácticas de la asignatura de Edafología 2018*.
- Yahualica. (2016). Actualización del plan Municipal de Yahualica 2016-2020. Recuperado de <http://sepladerym.hidalgo.gob.mx/institucional/Programas/PlanesMunicipalesDesarrollo/XHuejutla/YAHUALICAAPMD.pdf>
- Zagoya, J. (2002). *Sistema tradicional utilizado en la producción de maíz en la sierra nevada de Puebla, México*. 1–6. Recuperado de <http://caribeña.eumed.net/wp-content/uploads/cosmovision.pdf>
- Zinck, J. A., Berroterán, J. L., A., F., Moameni, A., Wokabi, S., & Van Ranst, . (2005). *La sustentabilidad agrícola : un análisis jerárquico*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/539/53907606.pdf>

Anexo 1. Encuesta para productores de maíz y frijol de Olma
Olma, Yahualica, Hidalgo
Análisis de sistema de producción en el ejido
Olma

Entrevistador: Liliana Canales Tovar



El presente cuestionario es parte del proyecto de investigación de la alumna Liliana Canales Tovar en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), cuyo objetivo es contribuir a la mejora del sistema de producción de los ecosistemas de maíz y frijol, mediante un diagnóstico del estudio actual de dichos sistemas, en la localidad Olma, en el municipio de Yahualica, Hidalgo.

La información que se recaba es confidencial y es procesada de manera general para destacar resultados promedio del sistema de producción. En ningún momento se procesará información específica sobre su opinión o unidad de producción.

Fecha:

Nombre del productor:

Edad:

- 1.- ¿Tiene alguna discapacidad?
- 2.- ¿Grado de estudios?
- 3.- ¿Habla alguna lengua indígena?
- 4.- Vivienda (agua entubada, drenaje, energía eléctrica, gas para cocinar, sanitaria, letrina, piso, paredes)
- 5.- Numero de dependientes económicos (Cuantos (Mayores de 18 años, menores de 18 años))
- 6.- Ingreso total del productor
- 7.- De donde provienen los ingresos del productor (Agrícola, pecuaria, forestal, envió de dinero de otro país, apoyo gubernamental, otra actividad) (Orden de importancia)
- 8.- ¿Cuenta con algún crédito, financiamiento o algún apoyo gubernamental para la producción? (cuál, quien otorga, requisitos, Cuanto)
- 9.- ¿Cuál es la superficie de producción?
- 10.- Tenencia de la tierra
- 11.- Relieve del terreno (plano, ondulado, lomerío, quebrado)

12.- ¿Siembra en temporal o en riego? (riego, tipo de riego, turnos, cuánto dura el turno, costo)

13.- ¿Qué cultivo(s) siembra? (Cultivo, superficie, rendimiento)

14.- ¿Qué ganado tiene? (Especie, número de cabezas, producción)

15.- ¿Realiza el aprovechamiento de especies forestales? (Especie, Superficie, metros cúbicos al año)

16.- ¿Qué superficie sembró en 2017?

Propias

Rentadas

Costo

17.- ¿Cuáles son los cultivos que estableció en el año pasado? (Cultivo, superficie)

18.- ¿Cuántos años lleva sembrando?

19.- ¿Realiza análisis de suelos? (Donde, periodicidad, cuanto)

20.- ¿Cuáles son las labores que realizan para la preparación del terreno? (¿Tipo de labranza? Actividad, número de pasos, tracción, maquinaria propia o rentada costo por ha, numero de jornales: contratados, pago)

21.- ¿Qué tipo de semilla utiliza? (selección, apoyo para adquirir)

22.- ¿Cuánta semilla utiliza para la siembra? (kg)

23.- Densidad de población

24.- ¿Qué sistema de siembra utiliza? (Surco, melga, etc.)

25.- ¿Cuándo inicia preparación del suelo?

26. ¿En qué fecha siembra?

27.- ¿Qué actividades realiza para el cuidado del cultivo, desde la siembra hasta la cosecha? (actividad, tracción, numero de jornales, Jornales contratados, pago por jornal)

28.- ¿Realiza fertilización y abonado? (fertilizantes, número de aplicación, fecha o etapa de crecimiento, cantidad, costo, numero de jornales, contratados, pago)

- 29.- ¿Cuáles son las principales malas hierbas que se presentan en el cultivo?
- 30.- ¿Cómo la controla? (Herbicida: planta que controla, dosis (ha), costo (ha), forma de aplicación, jornales: contratados, pago)
- 31.- ¿Cuáles son las principales plagas que atacan el cultivo? (Plaga, cultivo, daño, etapa de crecimiento)
- 32.- ¿Cómo lo controla? (plaguicida: plaga que controla, dosis (ha), costo (ha), forma de aplicación, jornales: contratados, pago)
- 33.- ¿Qué enfermedades se presentan en el cultivo? (enfermedad, cultivo, daño, etapa de crecimiento)
- 34.- ¿Cómo controla la enfermedad? (plaguicida: enfermedad que controla, dosis (ha), costo (ha), forma de aplicación, jornales: contratados, pago)
- 35.- ¿En qué fecha cosecha?
- 36.- ¿Cómo realiza la cosecha? (Manual, mecánica, mixta) (actividad, numero de jornales, jornales contratados, pago por jornal)
- 37.- ¿Cuántos kilos de maíz y frijol guarda para su consumo?
- 38.- ¿Tiene problemas de conservación y almacenaje de cosecha? (Cuales)
- 39.- ¿Vende su producto? (A quien, cantidad, precio, problema)
- 40.- ¿Hay obras de captación de agua en las parcelas?
- 41.- ¿Hay evidencia de acciones para conservación de suelos?
- 42.- ¿Forma parte de alguna asociación para la producción? (cual, tiempo de pertenecer, beneficio, número de socios)
- 43.- ¿Ha recibido asesoría técnica en los últimos 3 años? (cuales, quien se las ha proporcionado, calificación (buena, mala, regular), adopción de tecnología)
- 44.- ¿Sobre qué tema o problema le gustaría o creé que necesita la asesoría técnica?
- 45.- ¿Esta dispuesto a tomar cursos- talleres para recibir la asesoría técnica?
- 46.- ¿De cuántos días y horas dispone para estas capacitaciones?
- 47.- ¿Cuenta con colmenas?
- 48.- ¿Regularmente reemplaza a las abejas reina?
- 49.- ¿En el año 2017 que productos obtuvo de sus colmenas? (miel, cera, propoleo, polen)
- 50.- ¿Los productos son de autoconsumo o venta? (Quien compra, precio, insumos utilizado)

Anexo 2. Valores ponderados para los indicadores evaluados

Indicador	Valor ponderado	Valor ponderado	Valor ponderado del sistema ideal
	sistema actual Maíz	sistema actual Frijol	
Rendimiento	3.1	4.1	5
Ingreso neto	2.2	0.0	5
Relación costo beneficio	3.4	1.8	5
Eficiencia energética	3.1	4.1	5
Nivel de autofinanciamiento	8.5	8.5	5
Porcentaje de autosuficiencia en alimentos	3.8	8.6	5
Tenencia de la tierra	3.9	3.9	5
contenido N	1.8	2.5	5
Contenido P	5.3	10.0	5
Contenido de K	10.0	8.4	5
% Contenido de M.O	9.8	10.0	5
Eficiencia en el uso de agua	3.1	4.1	5
Índice de plagas	0.0	0.0	5
Índice de malezas	0.0	0.0	5
Alfabetismo	6.5	6.5	5
Mano de obra familiar no remunerada y participación del productor	10.0	10.0	5
Índice de diversidad	3.1	3.1	5
Asesoría técnica recibida	10.0	10.0	5
Interés en recibir asesoría técnica	9.2	9.2	5
Dependencia de insumos externos (DIE)	5.0	5.0	5

Anexo 3. Propuestas de mejora para los sistemas de producción evaluados



Universidad Nacional Autónoma
de México

Facultad de Estudios
Superiores, Cuautitlán

Ingeniería Agrícola

Manual “Propuestas de mejora
para el sistema de producción
Maíz- Frijol en la comunidad
Olma Yahualica, Hidalgo”

Canales Tovar Lilliana

Índice

Densidad de siembra	3
¿Qué es?	3
Problemas por malas densidades	3
Consideraciones para una buena densidad	3
Densidad de siembra Maíz	3
Control de malezas	4
¿Qué daños causan las malezas?	4
Características esenciales de las malezas	4
Prácticas de control	4
Control de plagas	5
Gusano cogollero	5
Ciclo de vida	5
Prácticas recomendadas	5
Gorgojo	7
Principales factores que afectan los granos en el almacén	7
¿Cómo almacenar mejor la cosecha?	7
Propuestas	7
Selección de semilla	8
Selección Masal	8
¿Qué es?	8
Actividades que se tienen que tomar en cuenta para la selección:	8
¿Qué planta seleccionar?	8
¿Qué mazorca o vaina seleccionar?	8
Cosecha y desgranado	9
Función de los macronutrientes en las plantas	10

Nitrógeno	10
Fosforo	10
Potasio	10
Composta	12
Materiales	12
Como realizarla	12
Seguimiento del proceso de composta	12
Mejoradores de compost	13

Anexo 4. Manuales para alternativas de producción



**Universidad Nacional Autónoma
de México**

**Facultad de Estudios
Superiores, Cuautitlán**

Ingeniería Agrícola



**Manual "Alternativas de
producción en la comunidad
Olma Yahualica, Hidalgo"**

Producción de café

Canales Tovar Liliana

Índice

Producción de café.....	3
Selección de semillas.....	3
Almacigo.....	3
Vivero.....	3
Trasplante.....	4
Poda.....	4
Manejo de sombra.....	5
Plagas.....	5
Control.....	6
Enfermedades.....	6
Control.....	6
Cosecha.....	7



Universidad Nacional Autónoma de México

**Facultad de Estudios Superiores,
Cuautitlán**

Ingeniería Agrícola

**Manual “Alternativas de producción
en la comunidad Olma, Yahualica,
Hidalgo”**



Huertos de traspatio

Canales Tovar Liliana

Índice

Huertos de traspatio.....	3
¿Porque un huerto de traspatio?	3
Hortalizas	3
¿Qué se necesita?.....	3
¿Cómo realizar una huerta?	4
Siembras.....	4
Trasplante	6
Cuidados de la huerta.....	6
Riego.....	6
Control de malezas.....	6
Control de plagas.....	7
Control de enfermedades.....	7
Cosecha.....	8