



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD-
OAXACA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y
APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

**“EVALUACIÓN DE SUSTENTABILIDAD EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
MAGUEY-MEZCAL ARTESANAL, EN EL MUNICIPIO DE VILLA SOLA DE
VEGA, OAXACA”**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA:
AÍDA CARMEN RIOS COLIN**

**DIRECTORES DE TESIS:
DR. MAGDALENO CABALLERO CABALLERO
DR. JAIME RUÍZ VEGA**



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 07 del mes de diciembre del 2016 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca** (CIIDIR-OAXACA) para examinar la tesis de grado titulada: **“Evaluación de sustentabilidad en sistemas de producción maguey-mezcal artesanal, en el Municipio de Villa Sola de Vega, Oaxaca**

Presentado por la alumna:

Ríos
Apellido paterno

Colín
materno

Aida Carmen
nombre(s)

Con registro:


B	1	4	0	0	3	8
---	---	---	---	---	---	---

aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis


Dr. Magdalena Caballero Caballero


Dr. Jaime Ruiz Vega


Dra. Patricia Soledad Sánchez Medina


Dra. Lucita Lagunez Rivera


Dra. Elvira Duran Medina

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez


CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.




INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 07 del mes de diciembre del año 2016, el (la) que suscribe **Ríos Colín Aida Carmen**, alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro B140038, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de los Drs. Magdaleno Caballero Caballero. Y el Dr. Jaime Ruiz Vega y cede los derechos del trabajo titulado: "Evaluación de sustentabilidad en sistemas de producción maguey-mezcal artesanal, en el Municipio de Villa Sola de Vega, Oaxaca", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgradoax@ipn.mx ó aida86372@hotmail.com Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


Ríos Colín Aida Carmen



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.

Resumen

El sistema productivo maguey-mezcal artesanal en Villa Sola de Vega representa cultura, identidad y un ingreso monetario adicional a las familias del municipio. Éste se encuentra en constante interacción con diversos factores: ambiental, social, económico, tecnológico y cultural. El objetivo del presente estudio fue evaluar el grado de sustentabilidad del agroecosistema maguey-mezcal artesanal. El proceso metodológico utilizado fue el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS). Un primer paso fue determinar un ciclo de evaluación de 2010-2015, para luego caracterizar el agroecosistema en término de sus componentes. Posteriormente se identificaron las variables e indicadores principales, asociados a la sustentabilidad del sistema productivo. Finalmente se determinó el grado de sustentabilidad. Los resultados fueron los siguientes: en el municipio existen 64 fábricas dedicadas a la producción de maguey-mezcal, 36 de ellas destilan en olla de barro, 8 en alambique de cobre y 20 en tambo de lámina, el proceso se considera artesanal ya que demanda en su mayor parte mano de obra familiar o cooperativa, generando bajos rendimientos en comparación con otras regiones mezcaleras. Las especies de maguey identificadas fueron 18 de las cuales la variedad con mayor aprovechamiento es el Espadín (*Agave angustifolia* Haw) con un 40%, seguido del Tobalá (*Agave potatorum* Zuc) con un 15.27%. El agroecosistema se complementa con otras actividades de cultivos siendo estos: maíz, frijol, garbanzo, calabaza, cultivos de traspatio, cría aves de corral, ganado vacuno, caprino y ovino. Se utilizaron 5 indicadores económicos, 7 ecológicos, 5 sociales y 1 institucional. El grado de sustentabilidad para el agroecosistema en los años de evaluación 2010 y 2015 fue medio y alto respectivamente, con mejores valores de los indicadores económicos e institucionales para el año de evaluación 2015. El agroecosistema se encuentra en un punto de inflexión en el que puede mejorar su grado de sustentabilidad o colapsarse.

Palabras clave: maguey, mezcal, interacciones, agroecosistema, sostenibilidad.

Abstract

The handcrafted maguey-mezcal production system in Villa Sola de Vega represents culture, identity and an additional monetary income to the families of the village. It is in constant interaction with various factors: environmental, social, economic, technological and cultural. The objective of the present study was to evaluate the degree of sustainability of the handcrafted maguey-mezcal agroecosystem. The methodological tool used was the Framework for the Evaluation of Natural Resource Management Systems Incorporating Sustainability Indicators (in Spanish Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad, MESMIS). A first step was to determine an assessment cycle from 2010-2015, to later characterize the agroecosystem in terms of its components. Subsequently, the main variables and indicators associated with the sustainability of the productive system were identified. Finally, the degree of sustainability was determined. The results were as follows: in the village there are 64 factories dedicated to the production of maguey-mezcal, 36 of them distill in clay pot, 8 in copper still and 20 in iron pot, the process is considered to handcrafted because the demand of work is mostly family or cooperative labor, generating low returns compared to other regions of the mescaleras. The species of maguey identified were 18 of which the most used variety is Espadin (*Agave angustifolia* Haw) with 40%, followed by Tobalá (*Agave potatorum* Zucc) with 15.27%. The agroecosystem is complemented by other crop activities: maize, beans, chickpeas, pumpkins, backyard crops, poultry, cattle, goats and sheep. Five economic, 7 ecological, 5 social and 1 institutional indicators were used. The degree of sustainability for the agroecosystem in the evaluation years 2010 and 2015 was medium and high respectively, with better values of economic and institutional indicators for the year of evaluation 2015. The agroecosystem is at a critical point of inflection in which it can improve its degree of sustainability or collapse.

Palabras clave: maguey, mezcal, interacciones, agroecosistema, sostenibilidad.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado.

Al Instituto Politécnico Nacional (IPN), por el apoyo económico brindado a través de la beca tesis.

Al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR-Oaxaca) del IPN, por brindarme un espacio de formación científica y desarrollo profesional.

Al Dr. Jaime Ruíz Vega por el apoyo demostrado a lo largo de la maestría, por su asesoría y por la confianza brindada para desarrollar el tema de investigación.

Al Dr. Magdaleno Caballero Caballero por formar parte de la dirección de tesis, sus comentarios, asesorías y sugerencias al trabajo de investigación.

Al comité revisor de la presente tesis: Dra. Patricia Soledad Sánchez Medina, Dra. Luicita Lagunez Rivera, Dra. Elvira Durán Medina, por las aportaciones y recomendaciones brindadas a lo largo de la maestría.

A la Unión de Productores de Maguey y Mezcal Raíces Soltecas S.P.R. de R.L., por el apoyo incondicional para la elaboración del trabajo en campo, por su participación en los talleres participativos y por la amistad otorgada.

A los productores de maguey y mezcal del municipio de Villa Sola de Vega por la facilidad para la toma de datos y el desarrollo en campo del presente trabajo de tesis.

Al Ing. Salvador y a la Ing. Ninfa López por el apoyo para la toma de datos, así como la amistad brindada.

Al personal docente y administrativo del CIIDIR-IPN, unidad Oaxaca.

A los compañeros, amigos, familiares y conocidos que me apoyaron en el desarrollo de la maestría.

Dedicatoria

A mi amado esposo Ray: porque una noche nunca
venció a un amanecer y porque el amor se va forjando
día a día con cada acción, gracias por tu apoyo y por ser
mi Luz de noche mi luz de día. "WISYSSIMH"

A mi tan anhelada y esperada Camila Sofía,
por ser ese pedacito de cielo
que me hacía falta para ser inmensamente feliz.

A mi hermosa familia: Mi madre Sofía Colín,
porque tu amor siempre será incondicional;
a mi hermano Heriberto Ríos por estar ahí para mí siempre;
a mi padre Heriberto Ríos M. por existir
a mi prima María Isabel por su alegría
a mi amada Sabi que es motivo para seguir siempre adelante
a ti Anel por el cariño demostrado

A los amigos sinceros que encontré mientras trabajaba
y que ahora se volvieron parte de mi vida compartiendo sueños y metas
a todos los productores de Mezcal de Sola de Vega

Contenido

Resumen.....	iii
Abstract	iv
Introducción	xiii
Planteamiento del problema.....	xiv
Justificación.....	xv
Objetivos e Hipótesis.....	xv
Hipótesis	xv
Objetivo General	xv
Objetivos específicos.....	xv
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	1
1.1 Teoría General de Sistemas (TGS).....	1
1.2 Concepto de sistema	2
1.3 Elementos de un sistema	2
1.4 Agroecosistema	4
1.5 Agroecología.....	5
1.6 Sustentabilidad	6
1.7 Evaluación de la sustentabilidad	7
1.8 Marco para la evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS)	8
1.9 Antecedentes de evaluación de sustentabilidad	10
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	13
2.1 Determinación del objeto de la evaluación	14
2.1.1 Delimitación y reconocimiento del área de estudio	14
2.1.2 Determinación de la escala (longitudinal o transversal) y tiempo	15
2.1.3 Estructuración de talleres participativos para la realización de un transecto agroecológico.....	15
2.1.4 Realización del taller de diagnóstico participativo	16
2.1.5 Realización de estructura de entrevista diagnóstico	16
2.1.6 Validación de entrevistas mediante prueba de fiabilidad: Alfa de Cronbach	17
2.1.7 Determinación del tamaño de muestra para monitoreo y evaluación	18
2.1.7.1 Método de muestreo estratificado aleatorio por asignación proporcional para subsistema de mezcal de producción de: olla, alambique y tambo	18
2.1.7.2 Método de muestreo aleatorio simple para subsistema maguey	19

2.2 Determinación de los puntos críticos que pueden incidir en la sustentabilidad de los sistemas de producción que se van a evaluar	20
2.2.1 Caracterización del Agroecosistema (AE)	20
2.2.2 Determinación de flujos de energía	20
2.2.3 Realización de un transecto agroecológico basado en la caracterización del agroecosistema.....	21
2.2.4 Determinación de puntos críticos y fortalezas mediante análisis FODA.....	21
2.3 Selección de los criterios de diagnóstico e indicadores.	21
2.4 Medición y monitoreo de los indicadores.	22
2.4.1 Realización de estructura de encuestas de medición y monitoreo de indicadores .	22
2.4.2 Validación de encuestas mediante prueba de fiabilidad: Alfa de Cronbach	22
2.4.3 Fase de campo: medición de indicadores ambientales, sociales, productivos y económicos (Toma de datos, encuestas y seguimiento).....	23
2.4.4 Análisis estadístico de resultados mediante una prueba de comparación de medias	23
2.5 Presentación e integración de resultados.	23
2.5.1 Integración y estandarización de resultados en una tabla para análisis.....	23
2.5.2 Presentación de resultados mediante una gráfica AMEBA para facilitar su análisis	24
2.6 Conclusiones y recomendaciones.....	25
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
3.1 Caracterización sistema productivo maguey mezcal.....	25
3.1.1 Subsistema maguey	25
3.1.2 Subsistema mezcal.....	29
3.1.3 Sanidad e inocuidad, Almacenaje.....	34
3.1.4 Organizativo-Empresarial / Comercialización	35
3.2 Subsistema Agrícola.....	35
3.2.1 Frijol	35
3.2.2 Garbanzo	36
3.2.3 Calabaza.....	36
3.2.4 Maíz	37
3.3 Subsistema pecuario	38
3.4 Subsistema socio económico.....	39
3.5 Componentes biofísicos del sistema productivo maguey-mezcal artesanal.....	42

3.6 Identificación de los puntos críticos que inciden en el sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010-2015	45
3.6.1 Identificación de los puntos críticos en el área económica	45
3.6.2 Identificación de los puntos críticos en el área social.....	46
3.6.3 Identificación de los puntos críticos en el área ambiental	47
3.6.4 Identificación de los puntos críticos en el área institucional	48
3.7 Selección de indicadores para la evaluación del sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010-2015.....	48
3.7.1 Descripción de los indicadores para la evaluación del sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010-2015	50
3.7.1.1 Relación beneficio costo (costos de producción)	50
3.7.1.2 Número y tipo de opciones de manejo disponibles (diversificación de producción agrícola)	50
3.7.1.3 Uso de conocimientos y habilidades locales (No. de actividades desarrolladas)..	50
.....	50
3.7.1.4 Grado de dependencia externa (grado de autosuficiencia alimentaria).....	50
3.7.1.5 Grado de democratización (mecanismos de distribución del poder en la toma de decisiones).....	51
3.7.1.6 Derechos de propiedad reconocidos (individual o colectiva)	51
3.7.1.7 Nivel de autoabastecimiento en materia prima.....	51
3.7.1.8 Valoración según tipo de manejo para el control de plagas y enfermedades ...	51
3.7.1.9 Índice de Shannon.....	52
3.7.1.10 Índice de Agrobiodiversidad	52
3.7.1.11 Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS): Pérdida de suelo.....	52
3.7.1.12 Índice de calidad de suelos	52
3.7.1.13 Índice de desempeño ambiental en la producción de mezcal.....	53
3.7.1.14 Índice de intervención institucional	53
3.8 Resultados por indicador para la evaluación del sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010-2015.....	53
3.8.1 Costos de producción totales	53
3.8.2 Rendimiento de granos básicos y autosuficiencia alimentaria	56
3.8.2.1 Consumo per cápita de granos básicos en el municipio	57
3.8.2.2 Necesidades de alimentación cubiertas en 2015	58
3.8.2.3 Necesidades de alimentación cubiertas en 2010	59
3.8.3 Rendimientos en la producción de mezcal	60

3.8.4 Rendimiento de Maguey en Parcela	61
3.8.5 Relación beneficio/costo.....	63
3.8.6 Diversificación de la producción agropecuaria	64
3.8.7 Productores que diversifican las actividades	65
3.8.8 Grado de democratización	65
3.8.9 Derechos de propiedad reconocidos	66
3.8.10 Autoabastecimiento de materia prima.....	66
3.8.11 Manejo de plagas y enfermedades en maguey.....	67
3.8.12 Índice de Shannon en parcelas de Maguey.....	71
3.8.13 Índice de agrobiodiversidad	72
3.8.14 Ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS).....	77
3.8.15 índice de calidad de suelos	80
3.8.16 índice de desempeño ambiental en la producción de mezcal.....	83
3.8.17 Índice de intervención institucional	85
3.8.18 Presentación e integración de resultados en tabla para estandarización de indicadores para la evaluación del sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010- 2015	87
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	90
CAPÍTULO V. REFERENCIAS CONSULTADAS.....	92
CAPÍTULO VI. ANEXOS	96

Índice de tablas

Tabla 1. Atributos de sustentabilidad	9
Tabla 2. Listado de especies identificadas en el municipio de Villa Sola de Vega.....	25
Tabla 3. Promedio de animales en núcleos familiares	39
Tabla 4. Características biofísicas del sistema productivo maguey-mezcal evaluado.....	42
Tabla 5. Puntos críticos identificados en el área económica	46
Tabla 6. Puntos críticos identificados en el área social	46
Tabla 7. Puntos críticos identificados en el área ambiental e institucional	47
Tabla 8. Indicadores para el monitoreo y evaluación del	48
Tabla 9. Costos de producción generados por mano de obra en siembra de maíz	55
Tabla 10. Costos de producción generados por tracción animal o mecánica en siembra de maíz	55
Tabla 11. Costos de producción generados por insumos para la siembra de maíz.....	56
Tabla 12. Autoabasto de alimentos en año 2015	58
Tabla 13. Autoabasto de alimentos en año 2010	60
Tabla 14. Rendimientos calculados de agave por hectárea, por año (Ton/Ha/Año)	63
Tabla 15. Participación en la toma de decisiones en el núcleo familiar	65
Tabla 16. Derechos de propiedad reconocidos en el sistema productivo maguey-mezcal 2010 y 2015	66
Tabla 17. Escala de asignación de valor	69
Tabla 18. Manejo de plagas y enfermedades 2010	70
Tabla 19. Manejo de plagas y enfermedades 2015	71
Tabla 20. Índice de Shannon para parcelas de agave	72
Tabla 21. Especies que integran en agroecosistema maguey.....	75
Tabla 22. Datos usados para la elaboración del índice de Agroecosistemas	76
Tabla 23. Estimación de la erosión potencial y real de parcelas de agave y bosque de encino	79
Tabla 24. Análisis químicos-físicos en parcelas de agave	80
Tabla 25. Indicador: disminución de agua sucia.....	85
Tabla 26. Valores del índice de intervención institucional.....	86
Tabla 27. Integración y estandarización de resultados de la evaluación del sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010 y 2015	88

Índice de figuras

Figura 1. Metodología general del proyecto de investigación: MESMIS	13
Figura 2. Ubicación del municipio Villa Sola de Vega	14
Figura 3. Porcentaje de uso de agave en el municipio	28
Figura 4. Foto palenque artesanal con sistema de destilación de olla de barro	32
Figura 5. Foto palenque artesanal con sistema de destilación alambique	33
Figura 6 .Foto palenque con sistema de destilación tambo	34
Figura 7. Cuadro cronológico de la siembra de frijol	36
Figura 8. Cuadro cronológico de la siembra de maíz y calabaza	36
Figura 9. Cuadro cronológico de la siembra de maíz de temporal	38
Figura 10. Costos productivos totales del sistema productivo maguey-mezcal 2010	54
Figura 11. Costos productivos totales del sistema productivo maguey-mezcal 2015	54
Figura 12. Rendimientos de alimentos para autoconsumo	57
Figura 13. Porcentaje de alimentos para autoconsumo producidos en el sistema maguey- mezcal 2015.....	59
Figura 14. Porcentaje de alimentos para autoconsumo producidos en el sistema maguey- mezcal 2010.....	60
Figura 15. Rendimientos promedio en la producción de mezcal	61
Figura 16. Relación Beneficio/Costo generado por actividad productiva en cada año de evaluación	64
Figura 17. Número de actividades agropecuarias desarrolladas en el sistema maguey- mezcal.....	64
Figura 18. Diversificación de actividades productivas en el sistema maguey-mezcal.....	65
Figura 19. Porcentaje de autoabastecimiento de materia prima.....	67
Figura 20. Mapa de erosividad República Mexicana.....	78
Figura 21. Erosionabilidad de los suelos (K) en función de la textura y el contenido de M.O.....	79
Figura 22. Valor porcentual de los parámetros usados en el índice de calidad de suelos .	82
Figura 23. Resultados de los indicadores de desempeño ambiental en la producción de mezcal.....	84
Figura 24. Porcentaje de productores con acceso a programas institucionales	86
Figura 25. Gráfica AMEBA de la evaluación del sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010-2015	89

Introducción

Para impulsar el desarrollo regional, la agroindustria en el estado de Oaxaca es, después de la producción primaria una actividad importante en la economía de las familias, ya que México es un país en vías de desarrollo, esta actividad brinda la principal fuente de alimentos, ingresos y empleos a sus comunidades rurales; por su parte el sector maguey-mezcal es la cadena de valor más emblemática en el estado, gobierno estatal la prioriza junto a café y maíz debido a la superficie de ocupación, la derrama económica y al número de productores dedicados a la actividad (SAGARPA,2009). Fundación PRODUCE A.C. en el año 2006, estima que existen 13,230 productores que dependen directamente de la producción de maguey y mezcal.

Oaxaca reconoce siete distritos con actividad productiva y empresarial en dicha cadena: Tlacolula, Yautepec, Zimatlán, Ejutla, Miahuatlán, Ocotlán y Sola de Vega. Los procesos empleados en la producción de mezcal se engloban en tres grandes sistemas: Sistema de producción industrial, sistema de producción semi-industrial y el sistema de producción artesanal; la característica más importante del primer sistema es que se basa en procesos completamente mecanizados, donde se pueden obtener lotes de producción mayores a 1,000 litros al día. El segundo sistema combina procesos mecanizados y manuales, las producciones oscilan entre los 300-600 litros a la semana. El sistema de producción artesanal se presenta como una expresión representativa de una cultura y factor de identidad de una comunidad, se diferencia debido a que basa sus procesos en actividades manuales obteniendo lotes de 200-400 litros de mezcal por mes, encontrándose en gran desventaja productiva y de mercado frente a los dos sistemas anteriores. El distrito de Ocotlán, Ejutla y Sola de Vega son los únicos que conserva en su totalidad un sistema productivo artesanal en la producción de mezcal.

Oaxaca a pesar de ser una entidad rica en recursos naturales, no cuenta con las suficientes herramientas que permitan una mayor aportación económica del sector primario, las consecuencias son el abandono de la producción agrícola y falta de empleo e ingresos, por lo tanto, los agricultores buscan mayores oportunidades y migran a grandes ciudades nacionales e internacionales.

Debido a que todos los sistemas de producción de mezcal antes descritos interactúan con diversos factores tanto ambientales, económicos, sociales, tecnológicos y culturales (Hernández X,1988), se encuentran en latente estado de vulnerabilidad, sin embargo, es la producción de mezcal artesanal la que se observa con un mayor grado del mismo y riesgo de pérdida de ésta práctica, ya que las interacciones con los factores antes mencionados son más grandes y complejos en parte por que emplea mano de obra constante en cada proceso, encareciendo los costos de producción, representa una expresión cultural, se observa una marcada brecha generacional entre productores y utiliza materias primas locales forestales no maderables como la leña para la cocción y el maguey para su elaboración.

El sistema de producción de maguey-mezcal artesanal en Sola de Vega se muestra como una de tantas actividades dentro de la Unidad de Producción Familiar (UPF) generadora de ingresos monetarios, en el contexto geográfico las UPF's se localizan particularmente en zonas con un alto grado de degradación ambiental ligada a un contexto social de alta y muy alta marginación, con niveles de pobreza extrema.

Planteamiento del problema

Actualmente se desconoce el grado de sustentabilidad del sistema productivo artesanal maguey mezcal en el municipio de Villa Sola de Vega donde los factores que intervienen: ambientales (escases de materia prima como maguey y leña, erosión y pérdida de fertilidad de suelos), económicos (precios de venta directa con productores bajos) y sociales (grado de escolaridad bajos, nivel de marginación alta y pobreza extrema) presentan diversas interacciones entre cada factor y que resulta importante caracterizar y analizar mediante una evaluación respondiendo a la siguiente interrogante ¿Qué tan sustentable resulta ser el sistema productivo artesanal maguey mezcal presente en el municipio de Villa Sola de Vega?.

Justificación

La presente investigación aportará nuevos conocimientos que ayuden a evaluar sustentabilidad entorno a la producción artesanal de maguey mezcal desde un enfoque integral, analizando de forma incluyente las interacciones de orden complejo que se presentan en el sistema productivo. De igual forma se evaluarán los impactos ambientales ocasionados por la producción de mezcal lo que ayudará a plantear alternativas ante la problemática existente. Socialmente brindará un panorama de la situación actual del municipio generando alternativas para contrarrestar la migración actual al proponer alternativas que mejoren la situación actual de la cadena productiva y tecnológicamente aportará los parámetros para una adaptación de cambio e innovación en cada uno de los eslabones de la cadena productiva.

Objetivos e Hipótesis

Hipótesis

H₁: El sistema productivo maguey-mezcal artesanal puede evaluarse desde un enfoque de agroecosistema

H₂: El sistema productivo maguey-mezcal artesanal presenta un grado de sustentabilidad bajo

Objetivo General

Evaluar el grado de sustentabilidad del sistema productivo maguey- mezcal artesanal mediante el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) en el municipio de Villa Sola de Vega

Objetivos específicos

- Caracterizar el sistema productivo maguey-mezcal artesanal en el Municipio de Villa Sola de Vega
- Identificar las variables o indicadores principales asociadas a la sustentabilidad del sistema productivo maguey-mezcal artesanal del municipio de Villa Sola de Vega
- Determinar el grado de sustentabilidad del sistema productivo maguey-mezcal artesanal en el municipio de Villa Sola de Vega

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

1.1 Teoría General de Sistemas (TGS)

La primera formulación en tal sentido es atribuible al biólogo Ludwig von Bertalanffy (1901-1972), quien acuñó la denominación "Teoría General de Sistemas" con el fin de constituir un modelo práctico para conceptualizar los fenómenos que la reducción mecanicista de la ciencia clásica no podía explicar. Para él, la TGS debería constituirse en un mecanismo de integración entre las ciencias naturales y sociales y ser al mismo tiempo un instrumento básico para la formación y preparación de científicos.

Surge en respuesta al agotamiento e inaplicabilidad de los enfoques analítico-reduccionistas y sus principios mecánico-causales (Arnold & Rodríguez, 1990). Se desprende que el principio clave en que se basa la TGS es la noción de totalidad orgánica, mientras que el paradigma anterior estaba fundado en una imagen inorgánica del mundo. Si bien el campo de aplicaciones de la TGS no reconoce limitaciones, al usarla en fenómenos humanos, sociales y culturales se advierte que sus raíces están en el área de los sistemas naturales (organismos) y en el de los sistemas artificiales (máquinas). Mientras más equivalencias reconozcamos entre organismos, máquinas, hombres y formas de organización social, mayores serán las posibilidades para aplicar correctamente el enfoque de la TGS, pero mientras más experimentemos los atributos que caracterizan lo humano, lo social y lo cultural y sus correspondientes sistemas, quedarán en evidencia sus inadecuaciones y deficiencias.

Es un método: que nos permite unir y organizar los conocimientos con la intención de una mayor eficacia de acción. Engloba la totalidad de los elementos del sistema estudiado así como las interacciones que existen entre los elementos y la interdependencia entre ambos. En particular, la teoría general de sistemas parece proporcionar un marco teórico unificador tanto para las ciencias naturales como para las sociales, que necesitaban emplear conceptos tales como "organización", "totalidad", globalidad e "interacción dinámica; lo lineal es sustituido por lo circular,

ninguno de los cuales era fácilmente estudiado por los métodos analíticos de las ciencias puras. Lo individual perdía importancia ante el enfoque interdisciplinario.

El mecanicismo veía el mundo seccionado en partes cada vez más pequeñas, la teoría de los sistemas veía la realidad como estructuras cada vez más grandes. La Teoría General de Sistemas, que había recibido influencias del campo matemático (teoría de los tipos lógicos y de grupos) presentaba un universo compuesto por acumulos de energía y materia (sistemas), organizados en subsistemas e interrelacionados unos con otros. Esta teoría aplicada a la psiquiatría, venía a integrar los enfoques biológicos, dinámicos y sociales, e intentaba, desde una perspectiva global, dar un nuevo enfoque al diagnóstico, a la psicopatología y a la terapéutica.

1.2 Concepto de sistema

Becht (1974) usa la siguiente definición: Sistema es un arreglo de componentes físicos, un conjunto o colección de cosas, unidas o relacionadas de tal manera que forman y/o actúan como una unidad, una entidad o un todo.

Hay dos palabras claves en esta definición: ARREGLO y ACTÚAN, esto implica dos características de cualquier sistema: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN. Todo sistema tiene una estructura relacionada con el arreglo de los componentes que lo forman y tiene una función relacionada con “cómo” actúa el sistema.

1.3 Elementos de un sistema

Si se considera la definición de sistemas, es obvio que un tipo de elemento que forma un sistema son los componentes del sistema. Si la unidad formada por los componentes funciona sin tener interacción con otros componentes del ambiente que rodea a la unidad, el sistema se define como cerrado. Un ejemplo de un sistema cerrado es una reacción química que ocurre dentro de un frasco.

En el mundo real los sistemas son abiertos, es decir, tienen interacción con el ambiente. Esta interacción resulta en entradas y salidas a la unidad. Al observar

fenómenos reales y definir conjuntos de componentes que forman unidades, las fronteras entre unidades constituyen los límites de cada sistema. Hay ciertos elementos que todo sistema tiene y estos son:

1. Componentes
2. Interacción entre componentes
3. Entradas
4. Salidas
5. Límites

Los componentes del sistema son la materia prima de éste. Si se analiza una casa como un sistema, los ladrillos, las tejas, las tuberías, etc. Son los componentes del sistema. Si un cuerpo humano es un sistema, los huesos, la sangre, los tejidos, los órganos son los componentes del sistema.

La interacción entre los componentes es lo que proporciona las características de estructura a la unidad. En esto reside la diferencia entre un montón de tejas, ladrillos, y una casa. El montón tiene básicamente los mismos componentes que la casa, pero la interacción entre los componentes es lo que proporciona la estructura y la forma a una casa. Dos cuerpos humanos pueden tener los mismos componentes (huesos, sangre, órganos) pero poseer apariencias diferentes.

Las entradas y salidas son los flujos que entran y salen de la unidad. El proceso de recibir entradas y producir salidas es lo que le da función a un sistema. Un motor que tiene la función de mover a un automóvil es un sistema que toma gasolina (entrada) y produce energía mecánica (salida) que lo mueve. Un hospital es un sistema con la función de recibir enfermos (entrada) y sanarlos (salida).

Límites Muchas veces existen dificultades para definir los límites de un sistema. Hay que tomar en cuenta dos pautas en la definición de los límites de los sistemas: el tipo de interacción entre componentes y el nivel de control sobre las entradas y salidas. Al analizar fenómenos reales, si se considera la población de

una ciudad y se definen a los habitantes de ella como componentes, un estudio indicaría que algunos individuos tienen contactos directos (familia, en la iglesia, en el trabajo) y forman conjuntos de individuos. Sin embargo estos solo tienen relaciones indirectas con otros individuos de la ciudad. Estos conjuntos de individuos relacionados entre sí forman sistemas con límites.

1.4 Agroecosistema

El agroecosistema es un tipo de ecosistema, es decir, un grupo de componentes bióticos y abióticos relacionados en un tiempo y espacio determinados, bajo control humano, con el fin de producir alimentos, fibras y combustible. (Elliot y Cole, 1989).

De acuerdo con Soriano y Aguilar (1998), un agroecosistema puede ser entendido como un ecosistema que es sometido por el hombre a frecuentes modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos. Estas modificaciones afectan prácticamente a todos los procesos estudiados por los ecólogos y abarcan desde el comportamiento de los individuos y la dinámica de las poblaciones hasta la composición de las comunidades y los flujos de materia y energía (Ghersa *et al*, 1991).

La magnitud de las diferencias entre los ecosistemas naturales y agrícolas depende de la intensidad de manejo y de los niveles de modificación. Una vez que el ecosistema natural es modificado y convertido en un agroecosistema, la estabilidad biológica y la elasticidad original se alteran y son reemplazados por una combinación de factores ecológicos y socio-económicos que deberían buscar estabilidad, continuidad y producción.

Efraín Hernández Xolocotzin en 1988 conceptualiza al agroecosistema (AE) como un ecosistema natural modificado para la utilización de los recursos naturales, que interactúa con diversos factores ambientales, económicos, sociales, tecnológicos y culturales, con límites bien definidos por un ente controlador (hombre) que se

determinan en base a los objetivos que se buscan en un proceso de producción agropecuaria determinado. Analizar la producción artesanal de maguey mezcal como un AE surge de la necesidad de entender que el fenómeno de producción es producto de las expectativas del ser humano, de su cultura y de las interacciones que se dan entre el entorno y el contexto donde se insertan todas las actividades derivadas del proceso productivo. El análisis integral u holístico del AE se logra a partir de la evaluación de sustentabilidad. En 1987 se publica el libro “Nuestro Futuro Común” también conocido como “Informe Brundtland” donde se define por vez primera a la sustentabilidad como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

1.5 Agroecología

La disciplina científica que enfoca el estudio de la agricultura desde una perspectiva ecológica se denomina “agroecología”, y se define como un marco teórico cuyo fin es analizar los procesos agrícolas de manera más amplia. El enfoque agroecológico considera a los ecosistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio; y en estos sistemas, los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas son investigadas y analizadas como un todo. De este modo, a la investigación agroecológica le interesa no sólo la maximización de la producción de un componente en particular, sino la optimización del agroecosistema total. Esto tiene a reenfocar el análisis en la investigación agrícola más allá de las consideraciones disciplinarias hacia interacciones complejas entre personas, cultivos, suelo, animales, etc. (Altieri y Nicholls, 2006).

La agroecología provee las bases ecológicas para la conservación de la biodiversidad en la agricultura, además del rol que ella puede jugar en el restablecimiento del balance ecológico de los agroecosistemas, de manera de alcanzar una producción sustentable (Altieri y Nicholls, 2006).

La agroecología emerge como una disciplina que provee los principios ecológicos básicos sobre como estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que son productivos y a su vez conservadores de los recursos naturales y que además, son culturalmente sensibles y socialmente y económicamente viables (Reinjtjeset al., 1992; citado por Altieri, 2002).

La agroecología es el estudio holístico de los agroecosistemas, incluidos todos los elementos ambientales y humanos. Centra su atención sobre la forma, la dinámica y función de sus interrelaciones y los procesos en el cuál se encuentran inmersos.

1.6 Sustentabilidad

Uno de los conceptos que actualmente se ha introducido a la gran mayoría de las ramas del conocimiento es el de “sustentabilidad”. En términos generales con este concepto se hace referencia a la búsqueda de un nuevo paradigma para la humanidad, en donde el principio básico es una relación más estable y armónica entre la sociedad y el entorno natural que le rodea. Esto implica la necesidad de conjugar intereses sociales, culturales, económicos y ambientales a fin de permitir la continuidad de las próximas generaciones (Brunett *et al.*, 2005). La sustentabilidad supone un cambio estructural en la manera de pensar el desarrollo, en la medida en que impone límites al crecimiento productivo, al consumo de recursos y a los impactos ambientales más allá de la capacidad del ecosistema (Goodland *et al.*, 1992). La sustentabilidad es un parámetro multidimensional estrechamente relacionado con la salud de cualquier sistema, con su organización, vigor y resiliencia (Toledo, 1998).

La definición del “Desarrollo Sustentable (DS)” propuesta por la Comisión Brundtland (WCED, 1987) como: “aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades”, más que un concepto operativo, se presentó como un paradigma de Desarrollo, con implicación de transformaciones ambientales, sociales y económicas al modelo actual de capitalismo de libre mercado.

La sustentabilidad no es una solución rápida de los problemas de hoy, sino que es una manera de seleccionar acciones hoy para que no puedan causar problemas mañana (Casas, 2002). Si se acepta a la sustentabilidad como un paradigma, una de las definiciones que hacen operativo este concepto, es el propuesto por Gutiérrez (1997) quien la define como la búsqueda y ejecución de estrategias racionales, que le permiten al ser humano administrar su interacción con el sistema natural, de tal forma que la sociedad como un todo se beneficie y el sistema natural mantenga su integridad.

1.7 Evaluación de la sustentabilidad

La teoría de la sustentabilidad deberá fomentar un proceso preventivo, donde la evaluación de los sistemas de intervención no sea vista como una actividad aislada sino como una parte interactuante del proceso de la administración de los sistemas de intervención. La teoría de la sustentabilidad deberá también facilitar al grupo evaluador la discusión y comprensión de las diferentes posturas que existen en relación con la interacción de los sistemas humanos y los sistemas naturales, de manera que esté permitido tomar acuerdos explícitos sobre el conjunto de creencias, valores, supuestos y premisas que guiarán el ejercicio de la evaluación.

En la actualidad existe una creciente necesidad de desarrollar métodos para evaluar el desempeño de los sistemas socio ambientales, y guiar las acciones y las políticas para el manejo sustentable de recursos naturales. La pluralidad de perspectivas que integra el concepto de sustentabilidad impone un reto importante, pues dificulta llegar a acuerdos sobre la forma y los métodos de evaluación. Los indicadores han sido un elemento central en los esfuerzos por llevar a la práctica el concepto de sustentabilidad; sin embargo, que indicadores utilizar y como aplicarlos a diversas situaciones no es un paso obvio (Astier *et al.*, 2008).

En términos generales, los esfuerzos dirigidos a proporcionar estrategias de evaluación de la sustentabilidad se pueden clasificar en tres grandes grupos: Un primer grupo se ha centrado en la generación de listas de indicadores de

sustentabilidad, enfocados principalmente en aspectos ambientales, económicos y, en menores medidas, sociales e institucionales. Sin embargo, estos enfoques carecen de una base teórica sólida para la selección de indicadores específicos, no es posible aplicar los indicadores a contextos diversos, y tienen dificultades para discriminar los indicadores relevantes para la sustentabilidad de los sistemas de manejo. Finalmente, no procuran integrar los resultados de los indicadores, por lo que aportan pocos elementos para la planificación y la toma de decisiones.

Un segundo grupo está constituido por metodologías de evaluación basadas en la determinación de índices de sustentabilidad, en las cuales se agrega o sintetiza la información de los indicadores en un solo valor numérico. Al igual que las listas de indicadores, estos enfoques no ofrecen un marco analítico sólido para la derivación de indicadores. Su construcción requiere decisiones arbitrarias en cuanto a la selección, la ponderación y la agregación de los indicadores y ofrecen una retroalimentación pobre al simplificar el análisis en un solo valor numérico

Un último grupo de métodos son los marcos de evaluación. Estos son propuestas metodológicas flexibles que permiten guiar el proceso de evaluación mediante diferentes etapas o pasos; más que de una definición precisa, parten de atributos u objetivos generales que son aplicables en diferentes situaciones y sistemas de manejo, y que sirven de guía para derivar criterios e indicadores más específicos. En los últimos años, se han desarrollado varios de estos métodos en el contexto del manejo de recursos naturales. Dada esta diversidad de esfuerzos, un aspecto importante es entender sus principales diferencias y similitudes, así como identificar las áreas críticas a desarrollar para su mejoramiento (Astier *et al.*, 2008).

1.8 Marco para la evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS)

Las metodologías de la evaluación emergieron como una de las herramientas más útiles para hacer operativo el concepto de sustentabilidad, pues han permitido clarificar y reforzar los aspectos teóricos de la discusión sobre el tema, así como

formular recomendaciones técnicas y de política para el diseño de sistemas más sustentables de manejo de recursos naturales (Astier, Masera y Galván-Miyoshi, 2008).

Este marco de evaluación propuesto por Masera *et al.* (1999) considera la complejidad de los componentes de los sistemas campesinos y abarca un estudio comparativo entre dos sistemas de manejo específicos que funcionen en un determinado lugar geográfico contexto social y político, utilizando la misma escala espacial e incluyendo tanto evaluadores externos (investigadores) como internos (campesinos directamente involucrados en el funcionamiento del sistema).

Con el fin de establecer una definición operativa del concepto de sustentabilidad, se requiere identificar una serie de propiedades o atributos generales de los agroecosistemas sustentables. Estos atributos servirán de guía para el análisis de los aspectos relevantes del sistema y para derivar indicadores de sustentabilidad durante el proceso de evaluación.

Como se observa en la tabla 1 del MESMIS se proponen siete atributos básicos de sustentabilidad:

Tabla 1. Atributos de sustentabilidad

Atributo	Descripción
Productividad	Es el equilibrio dinámico entre el sistema natural y el socioeconómico que asegura la producción de alimentos y bienes de consumo de la población, sin menoscabar la base de los recursos naturales (Gutiérrez, 1997).
Estabilidad	Es la habilidad intrínseca de un sistema para la resistir o para recobrase de un cambio causado externamente. Externalidades, incluyen consideraciones ambientales, económicas, socioculturales. La estabilidad ambiental se deriva de la elección del conjunto de tecnologías que mejor se adaptan a las necesidades y recursos de los productores. La estabilidad económica se basa en la predicción de precios de insumos y productos para con esta base se haga un intercambio o trueque de la producción y la estabilidad. La estabilidad cultural depende del mantenimiento del contexto y la organización sociocultural que ha nutrido el agroecosistema desde generaciones.
Resiliencia	Es definida por Müller (1996), como la capacidad del

	agroecosistema de mantener la productividad en presencia de estrés o de una perturbación importante. El estrés puede ser causado; por técnicas de manejo inadecuada, por efectos naturales como la sequía o un incremento súbito de los precios. La resiliencia se puede medir a través de la observación de la tendencia de largo plazo de la productividad, si la productividad decrece, sin recuperación después de un factor, el sistema no es resiliente. Lo cual es inmediato y visible en aspectos ecológicos, a mediano plazo en los económicos y a más largo plazo los sociales, dependiendo del estado inicial del sistema.
Confiabilidad	Es la propiedad del sistema de mantener su productividad o beneficios deseados en niveles cercanos al equilibrio, ante perturbaciones normales del ambiente.
Adaptabilidad	Es la capacidad del sistema de encontrar nuevos niveles de equilibrio, es decir, de continuar siendo productivo o, de modo más general, brindando beneficios, ante cambios de largo plazo en el ambiente

Equidad	Es la habilidad del sistema humano-ambiental para distribuir de manera justa, tanto intra como inter generacionalmente, los beneficios y costos relacionados con el manejo de los recursos naturales.
Autodependencia	Es la aptitud del sistema humano-ambiental de regular y controlar sus interacciones con el exterior.

Fuente: Masera *et al.* (1999).

1.9 Antecedentes de evaluación de sustentabilidad

Galván-Miyoshi en 2008 señala que el objetivo principal en la evaluación de la sustentabilidad es incorporar perspectivas de análisis que atiendan las múltiples propiedades y cualidades que poseen los Sistemas de Manejo de Recursos Naturales (SMRN) analizando simultáneamente diversos indicadores y criterios de decisión.

Alemán *et al.*, 2007 evaluaron un sistema de producción tradicional ovina resaltando la importancia de los factores y las interacciones que intervienen en él,

siendo el factor ambiental, el social y tecnológico los que determinan el manejo del sistema. Cuando surgen nuevas interacciones diferentes a estos tres factores se observan desequilibrios funcionales lo que resulta en alteraciones dentro del sistema imprevistas por el productor o problemas adversos, que no permiten el desarrollo integral del sistema, por tanto, es importante el estudio de la sustentabilidad en el sistema productivo.

Por su parte Gomero et al., 1999 realizaron la evaluación de un sistema productivo orgánico de algodón destacando los impactos económicos, socioculturales y ambientales, la importancia del estudio radica en el manejo realizado del sistema productivo ya que engloba diversas estrategias y relaciones entre los factores involucrados. El análisis se realizó aplicando el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (Astier, 2002).

Astier et al., 2012 analizan la sustentabilidad de los sistemas campesinos de maíz en la región purépecha del estado de Michoacán donde se observa una relación entre la pérdida de la autosuficiencia alimentaria, el deterioro de los recursos naturales y condiciones socio-económicas desfavorables, el objetivo del análisis fue el desarrollo de alternativas de manejo rentables, respetuosas con el medio ambiente y que proporcionen una mejor calidad de vida a los campesinos. Para el logro de las metas planteadas fue necesario reconocer las fortalezas y debilidades de los sistemas desde una perspectiva integral con base en los factores que intervienen en ella: social, ambiental y económico. La metodología utilizada para la realización del estudio fue el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS).

Ortiz-Ávila et al., 2008 plantean los retos de la sustentabilidad basándose en el metabolismo social como un concepto que permite abordar desde múltiples dimensiones la compleja problemática del desarrollo humano y la crisis ecológica actual, apoyados en las interacciones entre naturaleza-sociedad desde una perspectiva holística e integradora la cual permite conocer los factores que afectan esta relación a diferentes escalas.

Gravina et al.,2012 mencionan a la agricultura industrial o moderna como la causante de afectaciones ambientales a escala mundial, una alternativa para mitigar las acciones de la misma es la agricultura ecológica, sin embargo, presenta una limitante la cual radica en la imposibilidad de evaluar de forma cuantitativa su eficiencia, debido a la multidimensionalidad del principio y carácter cualitativo de muchas de sus variables, dentro de las tres dimensiones principales de la sostenibilidad: económica, ecológica y sociocultural. Con base al planteamiento anterior indican el uso de diferentes metodologías dirigidas a restaurar agroecosistemas dañados, que permitan el análisis multidimensional del sistema, por tanto, evaluaron la sostenibilidad de un AE utilizando como herramientas el Índice General de Sostenibilidad (IGS) que se fundamenta en la composición, calidad, diversidad y cuantía, de la agrobiodiversidad de los escenarios productivos. Sarandón et al., 2009 analizan la sustentabilidad como un concepto complejo ya que implica cumplir, simultáneamente, con varios objetivos: productivos, ecológicos o ambientales, sociales, culturales, económicos y temporales. Por lo tanto, observan la necesidad de una evaluación multidisciplinaria para medir un concepto interdisciplinario, lo que se contrapone a la visión reduccionista que prevalece en muchos agrónomos y científicos. Consideran que diversos estudios han intentado evaluar la sustentabilidad, tanto en el ámbito regional como en el de finca o AE han recurrido a la utilización de indicadores, sin embargo, es importante entender que no existe un conjunto de indicadores universales. La diferencia en la escala de análisis, tipo de establecimiento, objetivos deseados, actividad productiva, características de los agricultores, entre otros, hacen imposible su generalización. Por esta razón, es que se han propuesto algunos marcos conceptuales para el desarrollo de indicadores como el FESLM y el MESMIS.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

El método de análisis es el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) dentro del cual se realizan 6 pasos generales, cada paso se compone de las siguientes actividades:

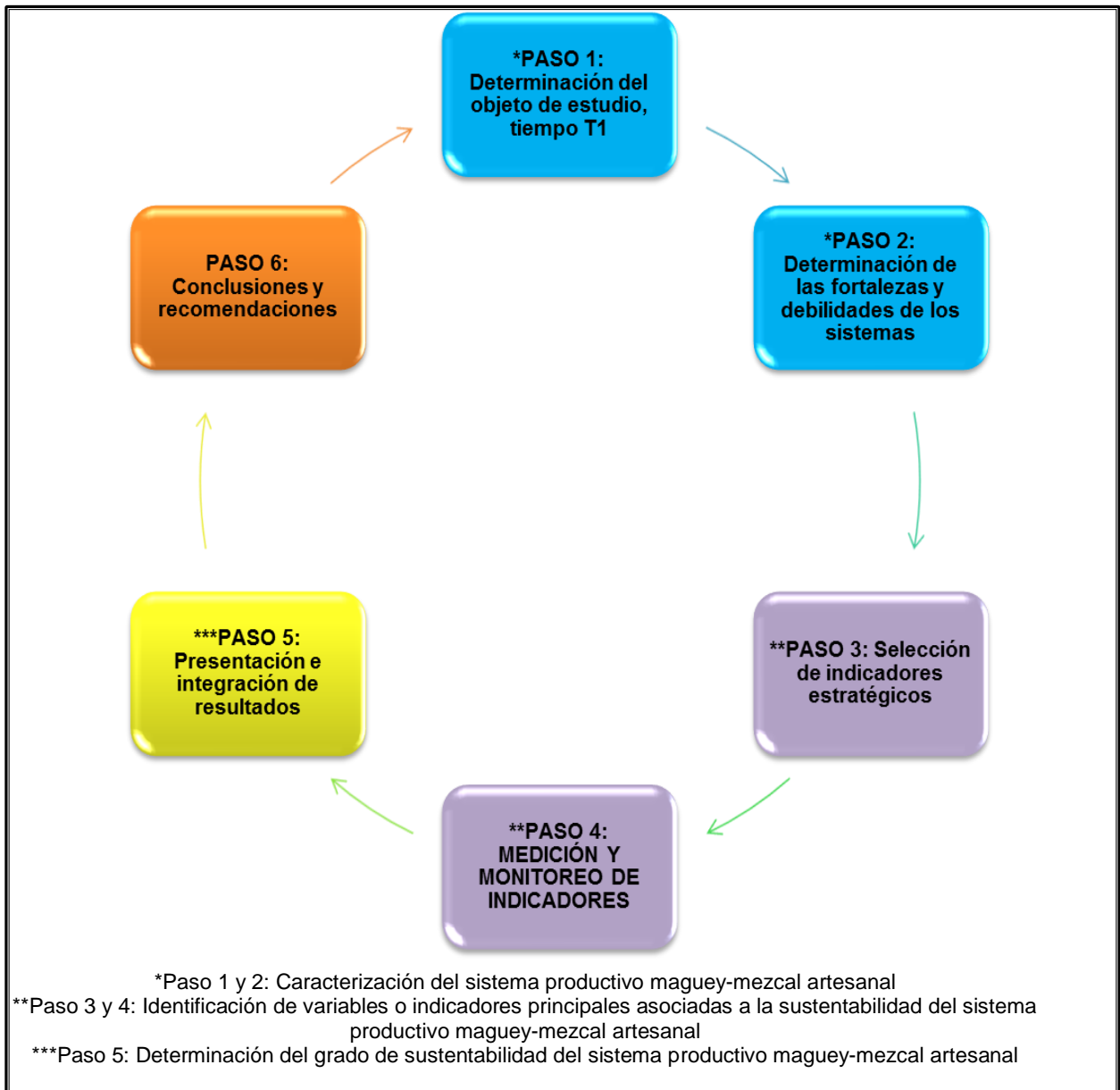


Figura 1. Metodología general del proyecto de investigación: MESMIS

2.1 Determinación del objeto de la evaluación

2.1.1 Delimitación y reconocimiento del área de estudio

El municipio Villa Sola de Vega se encuentra ubicado en la región sierra sur del estado de Oaxaca, entre los paralelos 16°15' y 16°55' de latitud norte y 97°20' de longitud oeste, presenta una altitud entre 700 y 3000 msnm, colinda al norte con los municipios de Zapotitlán del Río, San Antonio Huitepec, Zimatlán de Álvarez, San Vicente Lachixío, Santa María Sola, Santa María Lachixío y San Miguel Mixtepec; al este con los municipios de Ayoquezco de Aldama, La Compañía, San Ildefonso Sola, San Francisco Sola, San Agustín Amatengo, Yogana, San Vicente Coatlán y Miahuatlán de Porfirio Díaz ; al sur con los municipios de San Jerónimo Coatlán, San Pedro Juchatengo y Santa Catarina Juquila; al oeste con los municipios de Santiago Minas, San Lorenzo Texmelúcan, Santo Domingo Tejomulco, Santiago Textitlán y Zapotitlán del Río. Se localiza a 2 horas de la ciudad de Oaxaca comunicándose por vía terrestre con la carretera Oaxaca-Puerto Escondido; ocupa el 1.04% de la superficie del estado.

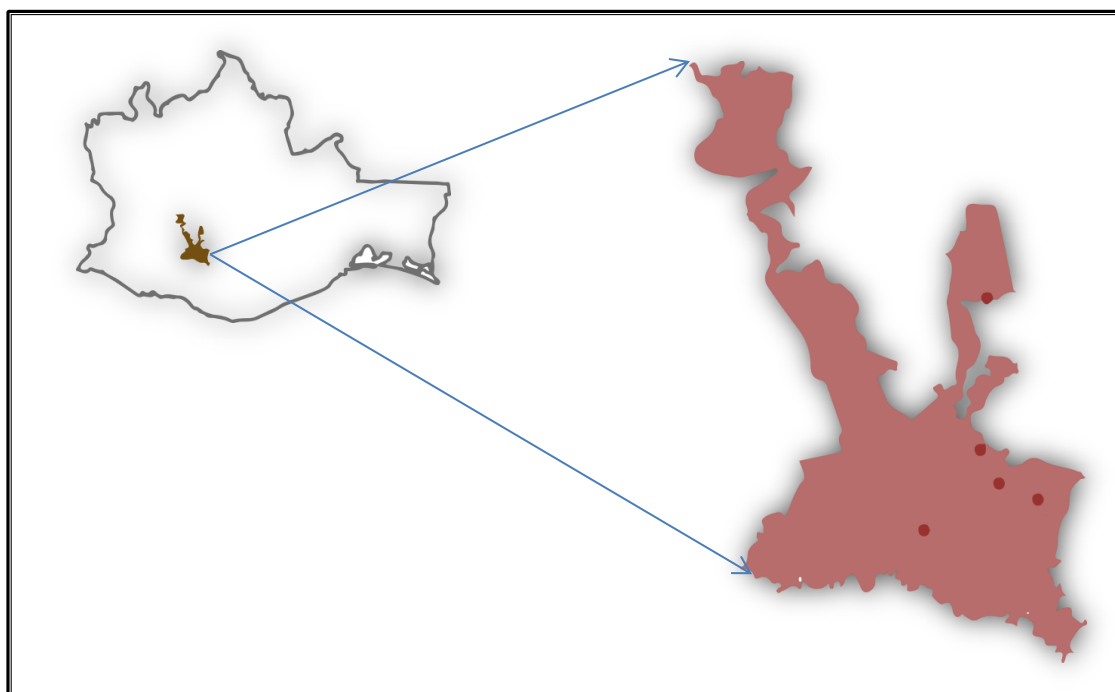


Figura 2.Ubicación del municipio Villa Sola de Vega

2.1.2 Determinación de la escala (longitudinal o transversal) y tiempo

La evaluación de sustentabilidad se realiza ya sea de forma comparativa o relativa (Maserá Et al, 2004). En éste estudio se comparó la evolución del mismo sistema de producción artesanal maguey mezcal en un periodo que comprende de 2010 a 2015, lo anterior nos lleva a una comparación de tipo longitudinal; es decir, una comparación de la evolución en el tiempo de la sustentabilidad de un sistema particular, tomando como referencia al sistema bajo análisis al año inicial (2010), y como sistema alternativo al mismo sistema en los años subsiguientes de la evaluación (2015).

2.1.3 Estructuración de talleres participativos para la realización de un transecto agroecológico

Los talleres participativos se generan como una herramienta para priorizar el papel de los actores locales (productores) tanto en la toma de decisiones así como en el diagnóstico de planes de manejo (Meffe et al, 2002). El mapeo participativo se usó en éste estudio como una estrategia de acercamiento y participación de actores locales que permitió obtener la interpretación de ortofotos, georreferenciación y clasificación de áreas de uso según sus criterios, el uso correcto de ésta herramienta nos ayudó a obtener un mapa de uso actual comunitario o transecto agroecológico que se puede cruzar con un mapa técnico realizado paralelamente mediante la recopilación de bibliografía; los resultados se expusieron ante la localidad cruzando ambos mapas donde se observó la situación del uso del suelo versus su potencialidad.(Segarra 2001).

Para la realización del mapeo participativo se solicitaron por escrito al Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI) 27 fotos aéreas de alta definición rectificadas geográficamente por INEGI con escala 1:20,000/ 1 cm:200 metros, se descargaron los polígonos de todo el estado, se extrajo el polígono correspondiente al municipio de Villa Sola de Vega para su análisis, se sobrepusieron las ortofotos al polígono del municipio con el mismo nombre, como

último punto se generó un mapa ortográfico (anexo 3) en alta resolución con cuadrícula incluida para imprimir en medidas de 90cm x 150 cm.

2.1.4 Realización del taller de diagnóstico participativo

Obtenido el mapa se realizó un taller conforme se planteó en la carta descriptiva (anexo 4) previamente realizada. Como resultados preliminares en el taller participativo realizado con 37 socios de la Sociedad de Producción Rural de Responsabilidad Limitada “Raíces Soltecas” se obtuvo: 1.- participaron hombres y mujeres involucradas en todo el sistema productivo maguey mezcal, 2.- se ubicaron puntos clave de manejo local 3.- se generó el uso local de nombres y clasificaciones 4.- se determinaron las actividades preponderantes en el sistema productivo y 5.- se formó un borrador del transecto agroecológico de manera participativa

2.1.5 Realización de estructura de entrevista diagnóstico

Las características que se establecieron para las entrevistas semiestructuradas fueron las recomendadas por Pardinas (2005) y Martínez (2011), quienes mencionan que se inicia recabando información secundaria para la zona de estudio, parte después aplicar una serie de preguntas clave elaboradas por el entrevistador, éstas preguntas pueden ser planteadas de diferente manera, su aplicación debe ser abierta y en un ambiente de cordialidad, existiendo siempre empatía con el informante. Con base en lo anterior se realizaron dos tipos de entrevistas: una entrevista diagnóstico para el subsistema de producción “maguey” y otra para el subsistema “mezcal”.

La entrevista de maguey (anexo 1) constó de 60 preguntas cerradas y de cuatro partes, la parte uno “identificación” contiene los datos personales del entrevistado y va de la pregunta 1 a la 16, la parte dos “dinámica de producción” ayuda abordar concretamente el tema de rendimientos en la producción, considera de la pregunta 17 a la 44, la parte tres “patrón de interacciones” permite identificar las interacciones dentro del subsistema abarca la pregunta 46 a la 50, la parte cuatro “infraestructura y organización” que nos muestra las condiciones y el equipo con el

que cuentan los subsistemas para poder realizar sus actividades, abarca de la pregunta 51 a la 58; también fueron consideradas tres preguntas abiertas la número 45, 59 y 60.

La entrevista dirigida a productores con subsistema mezcal (anexo 2) consta de las mismas cuatro partes que la encuesta de maguey, el total de preguntas fueron 70, de la número 1 a la 13 corresponden a la “identificación”, 14 a 55 a “dinámica de producción”, 56-60 “patrón de interacciones”, 61 a 68 a “infraestructura y organización” y dos preguntas abiertas, la 69 y 70.

2.1.6 Validación de entrevistas mediante prueba de fiabilidad: Alfa de Cronbach

Una de las herramientas usadas para la colecta de datos en campo fue la entrevista semiestructurada, la cual es un instrumento de medición que necesita ser validado para determinar el nivel de confiabilidad del mismo, lo que permite verificar y tener certeza sobre la información recopilada siendo ésta relevante o no para el estudio; con base en lo anterior se validaron las entrevistas mediante alfa de Cronbach, se aceptó la herramienta desde el nivel >0.7 siendo aceptable hasta >0.9 siendo excelente.

El alfa de Cronbach es un coeficiente de correlación interna que toma valores de 0 a 1, nos ayuda a verificar si la herramienta que se está aplicando recopila información no valida que nos lleve a generar conclusiones erróneas o bien, es una herramienta fiable que permite tener mediciones estables y consistentes. Mide la homogeneidad de las preguntas promediando todas las correlaciones entre todos los ítems para ver que, efectivamente se parecen (Bojórquez *et al* 2013).

Como criterio general, George y Mallery (2003) sugieren las recomendaciones siguientes para evaluar los coeficientes de alfa de Cronbach:

- Coeficiente alfa >0.9 es excelente
- Coeficiente alfa >0.8 es bueno

- Coeficiente alfa >0.7 es aceptable
- Coeficiente alfa >0.6 es cuestionable
- Coeficiente alfa >0.5 es pobre
- Coeficiente alfa <0.5 es inaceptable

2.1.7 Determinación del tamaño de muestra para monitoreo y evaluación

Para realizar un análisis con alto grado de confiabilidad se realizó un muestreo que dio como resultado una muestra representativa, el objetivo fue determinar un tamaño de muestra adecuado que represente la realidad del objeto de estudio (Poulsen, 2000).

2.1.7.1 Método de muestreo estratificado aleatorio por asignación proporcional para subsistema de mezcal de producción de: olla, alambique y tambo

Para incluir todos los subsistemas de producción de mezcal presentes en el municipio Villa Sola de Vega se realizó un muestreo estratificado aleatorio por asignación proporcional. Se separaron por estrato los métodos de producción de mezcal en Villa Sola de Vega (destilación en olla, destilación en alambique y destilación en tambo de fierro).

El total de productores localizados en el municipio fue de 64 por lo que con base en la bibliografía se pensó en un muestreo estratificado con proporciones de acuerdo a los totales de cada estrato (20 productores de tambo, 8 productores de alambique y 36 productores de olla). El premuestreo se hizo al 30%, que recomienda Carrillo, 2009.

Los datos de varianza, desviación estándar y error estándar fueron bajos, presentaron poca dispersión en los datos respecto a la media (valor de desviación estándar) y un error muestral respecto a la media pequeño. Por lo que las muestras para cada estrato son válidas y con valores de: 7.04 para los que destilan en olla de barro, 0.60 para alambique de cobre y 1.22 para tambo, obteniendo un tamaño de muestra total de 8.86.

$$n = \frac{N \sum N_j S_j^2}{N^2 D^2 + \sum N_j S_j^2}$$

Dónde:

n= Tamaño de muestra

N= Población (64 productores)

S²_j= Varianza del iésimo estrato

D=Precisión al 95%

N_j= Tamaño del iésimo estrato

2.1.7.2 Método de muestreo aleatorio simple para subsistema maguey

Se muestrearon las variedades de agave manejadas por el productor con el sistema maguey-mezcal, la media resultante fue de 8.55 variedades, la desviación estándar de 1.54, la varianza de 2.36 y el error estándar de 0.28. Se empleó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N t^2 S^2}{N E^2 + t^2 S^2}$$

Dónde:

n= Tamaño de muestra

N= Población (64 productores)

S²= Varianza

t²= Valor de tablas

E²= Precision (95%)

El error estándar fue de 0.28, este parámetro estimó la variabilidad entre las medias de las muestras que se obtendría si se tomaran múltiples muestras de la misma población. Esto quiere decir que los productores presentan 8.5 variedades de agave, con una desviación estándar de 1.54 variedades con base en un muestra aleatoria de 20 productores. Estos números producen un error estándar de la media de 0.28 variedades. De haber tomado múltiples muestras aleatorias del mismo tamaño y de la misma población, la desviación estándar de esas medias diferentes de las muestras habría sido aproximadamente 0.28 variedades.

El parámetro es cercano a cero, por lo que se consideró un buen estimador de la variabilidad de la muestra.

La desviación estándar lo refuerza, el valor es de 1.54, quiere decir que los datos se dispersan de 1.54 variedades de la media; esto se traduce en poca variación en los datos y la muestra es representativa con 6.88 unidades muestrales para maguey.

2.2 Determinación de los puntos críticos que pueden incidir en la sustentabilidad de los sistemas de producción que se van a evaluar

2.2.1 Caracterización del Agroecosistema (AE)

Se caracterizó al sistema de producción maguey-mezcal artesanal como dos sistemas diferentes, uno de referencia que se analizó en un año inicial (2010) mientras que el sistema alternativo fue el mismo sistema pero en años subsiguientes (2015) de la evaluación inicial, siendo un análisis retrospectivo (tomando como referencia al sistema de manejo en algún momento del pasado y contrastándolo con el mismo sistema en la actualidad). Se determinaron sus particularidades en cada año de evaluación incluyendo: sus diferentes tipos de componentes biofísicos del sistema, los insumos y productos necesarios (entradas y salidas) del mismo, se determinaron las prácticas que involucran a cada subsistema (agrícolas, pecuarias, forestales, etc.) y la unidad de producción familiar (UPF) y se detallaron las características socioeconómicas de los productores.

2.2.2 Determinación de flujos de energía

Se estructuró un diagrama con la descripción gráfica cualitativa de todas las características encontradas en cada uno de los años de evaluación que incluyó entradas, salidas e interacción de flujos de energía dentro del sistema productivo maguey-mezcal artesanal.

2.2.3 Realización de un transecto agroecológico basado en la caracterización del agroecosistema

Se realizaron visitas a campo guiadas por los productores de las zonas con menor gradiente altitudinal a las zonas de mayor altura, se georreferenciaron puntos que indicaran partes con las principales zonas ecológicas, haciendo referencia a las variaciones topográficas, zonas productivas, uso de suelo, perfiles del manejo productivo, variaciones altitudinales y zonas con mayor diversidad de agave.

FAO en 1999 define el “transecto” como una herramienta del Diagnóstico Rural Participativo que permite representar a lo largo de una comunidad las características más importantes observadas en campo: diversidad de ecosistemas, usos de suelo, perfiles de terreno, variaciones altitudinales, entre otros con el objetivo de organizar y refinar los datos espaciales obtenidos mediante observación directa y el resumen de las condiciones locales, los problemas y las oportunidades de la comunidad.

2.2.4 Determinación de puntos críticos y fortalezas mediante análisis FODA

Se realizó un taller participativo para determinar mediante un análisis de las fortalezas, oportunidades y debilidades los puntos críticos y las fortalezas que se presentan en el sistema; es decir, los aspectos o procesos que limitan o fortalecen (facilitan u obstaculizan) la capacidad de los sistemas para sostenerse en el tiempo, luego de identificar los puntos críticos se relacionaron con los diferentes atributos de sustentabilidad asegurando que la evaluación cubría todos los atributos.

2.3 Selección de los criterios de diagnóstico e indicadores.

Luego de identificar los puntos críticos que inciden en el agroecosistema se determinaron los criterios de diagnóstico e indicadores que permitirán monitorear y

evaluar el grado de sustentabilidad del agroecosistema en estudio mediante los 7 atributos según (Maser, Astier et al. 1998)

Los criterios de diagnóstico representan un nivel de análisis más detallado que los atributos pero más general que los indicadores, constituyen el vínculo necesario entre atributos, puntos críticos e indicadores, con el objetivo de que éstos últimos permitan evaluar de manera efectiva y coherente la sustentabilidad del sistema. Los indicadores por su parte, son variables cuantitativas y cualitativas que permiten ser monitoreadas, son particulares a los procesos de los que forman parte, pueden ser apropiados para ciertos sistemas y para otros no, los indicadores concretos dependerán de las características del problema en específico bajo estudio, de la escala del proyecto, del tipo de acceso y de la disponibilidad de datos; por tanto, no existe una lista de indicadores universales.

2.4 Medición y monitoreo de los indicadores.

Se determinó el procedimiento para medir y monitorear los indicadores obtenidos, se diseñaron instrumentos de colecta de datos y análisis, se incluyeron metodologías específicas para el monitoreo de indicadores particulares.

2.4.1 Realización de estructura de encuestas de medición y monitoreo de indicadores

Se diseñó una encuesta con base en los indicadores a evaluar la cual presenta 5 apartados que abarcan aspectos relacionados con: 1.- la Unidad de Producción Familiar (UPF), 2.- subsistema productivo pecuario, 3.- subsistema productivo agrícola, 4.- subsistema productivo maguey y 5.- subsistema productivo mezcal.

2.4.2 Validación de encuestas mediante prueba de fiabilidad: Alfa de Cronbach

Se validaron las encuestas diseñadas mediante una prueba de fiabilidad con Alfa de Cronbach mediante el software SPSS Statistics 2.0 se aceptó el instrumento desde el nivel >0.7 siendo aceptable hasta >0.9 siendo excelente.

2.4.3 Fase de campo: medición de indicadores ambientales, sociales, productivos y económicos (Toma de datos, encuestas y seguimiento).

Se monitorearon 18 indicadores: 7 indicadores económicos, 3 indicadores sociales, 7 indicadores ambientales y 1 indicador institucional

2.4.4 Análisis estadístico de resultados mediante una prueba de comparación de medias

Una vez obtenidos los resultados por indicador para el sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010 y 2015, se realizó a través del software estadístico SPSS Statistics 2.0, se realizó un análisis de varianza de un factor (ANOVA), con el objetivo de validar los datos y saber si estadísticamente existen diferencias entre las medias de los años de evaluación para cada indicador.

2.5 Presentación e integración de resultados.

Se comparó el resultado por indicador de los sistemas productivos maguey-mezcal artesanal 2010-2015 evaluados y se indicaron los principales obstáculos para la sustentabilidad, así como los aspectos que más le favorecen.

2.5.1 Integración y estandarización de resultados en una tabla para análisis

Se integraron resultados con el objetivo de tener una visión de conjunto de las ventajas comparativas del sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010 (sistema de referencia) y del sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2015 (sistema alternativo) en cada uno de los indicadores que ayudó a emitir un juicio de valor sobre sustentabilidad. Para su integración de forma correcta se realizaron las siguientes actividades:

- Se sintetizaron los indicadores en una matriz de resultados que mostraron:
- Los indicadores usados y las unidades en que se midieron
- Se especificó la dirección de cambio deseada para cada indicador, es decir, si a más mejor (maximizar), o a más peor (minimizar)
- Se describieron los valores que toman los indicadores en cada uno de los sistemas evaluados

- Una vez que se obtuvo una primera visión de los indicadores con los que se cuenta se procedió a estimar su nivel de desempeño, para ello se utilizó un intervalo mínimo y máximo
- Se desarrollaron valores mínimos los cuales representaron el peor escenario para el indicador, mientras que el máximo representó el escenario ideal, cuando el objetivo del indicador es minimizar, el mínimo y el máximo se interpretaron al revés
- Mediante los valores de referencia se pudo determinar el nivel de desempeño donde se aplicó la siguiente fórmula para maximizar:

$$NS = \frac{(V - Vmin)}{(Vmax - Vmin)} * 100$$

- Para minimizar es decir cuando el objetivo del indicador es minimizar o disminuir se usó la fórmula:

$$NS = \frac{(Vmax - V)}{(Vmax - Vmin)} * 100$$

Dónde:

ND = Nivel de desempeño del indicador

V = Valor medido del indicador

Vmax = Valor máximo del indicador y

Vmin = Valor mínimo del indicador

2.5.2 Presentación de resultados mediante una gráfica AMEBA para facilitar su análisis

Una vez estandarizados los indicadores para el sistema de referencia y sistema alternativo se representó mediante una gráfica AMOEBA, en la que se pudo identificar de manera rápida las ventajas relativas de cada sistema de manejo.

En la gráfica, cada indicador se graficó en un eje de 0 a 100 en donde 0 corresponde al peor escenario posible para el indicador y 100 fue el valor óptimo.

2.6 Conclusiones y recomendaciones.

Se generó un análisis de los resultados obtenidos desarrollando:

- Una valoración: donde se comparó el sistema de referencia con el sistema alternativo en cuanto a su sustentabilidad
- Una discusión: se discutieron los elementos principales que permitieron o impidieron al sistema alternativo mejorar la sustentabilidad con respecto al sistema de referencia
- Se generó un análisis del proceso de evaluación con el objetivo de detectar sus debilidades y fortalezas en aspectos logísticos y aspectos técnicos o metodológicos

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN









3.1 Caracterización sistema productivo maguey mezcal







3.1.1 Subsistema maguey

Palma (1991), identificó 30 especies o variedades de maguey en el estado de Oaxaca, en el municipio de Sola de Vega, se localizan 18 variedades del total lo que equivale a un 60% de diversidad. A continuación se presenta una tabla donde se enlistan los nombres de las variedades descritas para la zona de estudio:

Tabla 2. Listado de especies identificadas en el municipio de Villa Sola de Vega

Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Silvestre/Cultivado	Ilustración
1	Maguey tobalá	<i>Agave potatorum</i> Zucc	Silvestre	
2	Maguey espadín	<i>Agave angustifolia</i> Haw	Cultivado	

3	Magüey arroqueño	<i>Agave americana</i> ssp <i>Oaxacensis</i>	Cultivado	
4	Magüey sierrudo o sierra negra	<i>Agave americana</i> ssp. <i>Americana</i>	Cultivado	
5	Magüey coyote	<i>Agave americana</i> L.	Cultivado	
6	Magüey mexicano; mexicano penca larga o mexicano amarillo	<i>Agave rhodacantha</i> Trel	Cultivado	
7	Magüey mexicano azul o penca angosta	<i>Agave aff. rhodacantha</i>	Cultivado	
8	Magüey mexicano rellisto o rollisto	<i>Agave sp.</i>	Cultivado	
9	Magüey mexicanito o mexicanito de campo	<i>Agave sp.</i>	Silvestre	
10	Magüey tobasiche o barril verde	<i>Agave karwinskii</i>	Cultivado/Silvestre	

11	Maguey barril	<i>Agave aff. Karwinskii</i>	Cultivado/Silvestre	
12	Maguey barril chino o chino	<i>Agave aff. Karwinskii</i>	Cultivado	Imagen no localizada
13	Maguey barril verde o chino verde	<i>Agave sp</i>	Cultivado	
14	Maguey jabali	<i>Agave convallis</i>	Silvestre	
15	Maguey tepeztate	<i>Agave marmorata</i>	Silvestre	
16	Maguey blanco	<i>Agave americana</i>	Silvestre	
17	Maguey de pulque	<i>Agave americana</i>	Silvestre	Imagen no localizada
18	Maguey de pita o espadín sin espinas	<i>Agave aff. Angustifolia</i>	Cultivado	

En el municipio en total existen 136 localidades, 18 se dedican a la producción de maguey y/o mezcal y sólo 11 a la producción de ambos, de estas últimas localidades se estimó el porcentaje de uso por variedad de maguey, en la figura 1 podemos observar que la variedad con mayor aprovechamiento es el espadín con un 40% seguido del tobalá con un 15.27%, arroqueño 13.18% y coyote con

10.45% los otros podemos englobarlos en categorías más pequeñas que eventualmente se usan pero en localidades específicas.

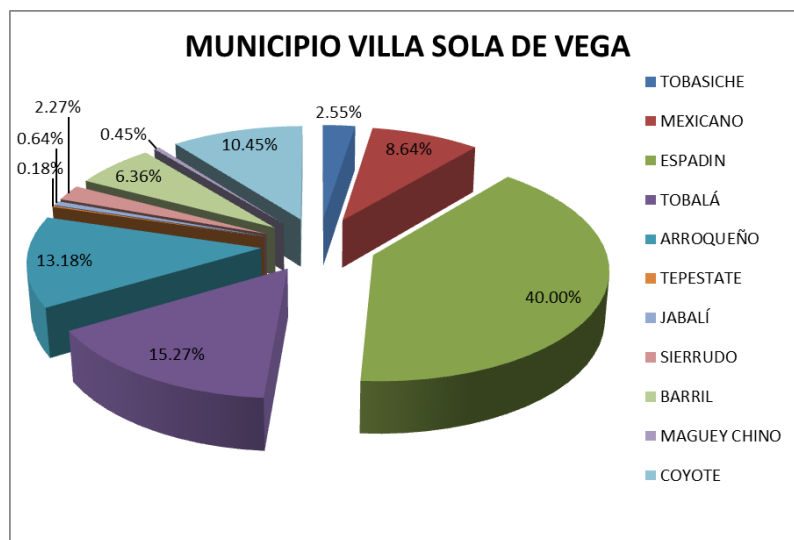


Figura 3. Porcentaje de uso de agave en el municipio

En cuanto al número de productores que siembran magüey en la zona, se observa que el 60% de ellos colectan, reproducen o siembran más de una especie. Algunas variedades silvestres presentan riesgo de pérdida debido a la extracción masiva como es el caso del magüey tobalá, el cual no es posible reproducir por medio de rizomas o apomixis, por tanto los productores optan por cosecharlo cuando llega a su madurez sin hacer actividades de conservación. En 2015, producto de la alta demanda de mezcales de variedades por compradores externos al municipio, se ha puesto en riesgo a otros *Agaves* como el caso del, Magüey Tepeztate (*Agave marmorata*), Magüey Arroqueño, Coyote y Sierrudo (*Agave americana*) y otras especies de bajo valor de uso. En el año 2010, la colecta de hijuelos en campo se realizaba para después sembrarlos en parcelas establecidas, en el año 2015 el 30% de los productores ya establecen viveros para abastecerse de material vegetativo de especies que solamente se conseguían de manera silvestre. El interés del mercado externo por variedades de mezcal, ha generado indirectamente que los productores de magüey conserven la diversidad de agaves mezcaleros del municipio, sin embargo la alta demanda puede hacer desaparecer a más de una especie.

En lo referente a la plantación el sistema más utilizado (>70% de productores) es el de hileras o surcos sin considerar la pendiente del terreno. El 30% de los productores, realizan sistemas que permiten una mejor retención de sedimentos, como la siembra en terrazas, la siembra como barreras vivas o el cultivo en curvas a nivel en contra de la pendiente, que es una práctica que en 2015 es más común.

En el tema de control de plagas y enfermedades, Sola de Vega de acuerdo a los datos que ofrecen Espinosa *et al.*, 2005, se encuentra en un área de bajo y mediano riesgo de infestación por la principal especie que ataca al maguey (*Picudo-Scyphophorus acupunctatus*). Esta razón ha generado que las plagas y enfermedades no sean recurrentes, por lo tanto no hay acciones enfocadas a su combate. En 2010 el método químico era el más utilizado por los productores, hacia 2015, el 50% adoptaron otras medidas de control de plagas, como el trampeo con feromonas (control etológico), el uso de organismos entomopatógenos (control biológico) o la aplicación de extractos vegetales.

Respecto a la fertilización, el maguey es un cultivo que los productores dejan crecer en dependencia de las condiciones de temporal, situación que merma el desarrollo de la planta y no maximiza el potencial genético que pudiera traer la misma, las actividades que realiza el productor como labores culturales son el despancado de forma manual y el control de hierbas principalmente de forma manual o mediante control químico en pocos casos. A pesar de que los productores mencionaron el abonado orgánico este se realiza esporádicamente y sin tener una dosis o cantidad acorde a las necesidades de la planta, ya que no existen análisis de suelo. El bagazo generado por las fábricas de mezcal en algunas ocasiones es usado como abono sin haber recibido un tratamiento o composteo previo. En 2015, los productores que cuentan con viveros propio, han comenzado a compostear el bagazo residual de la producción de mezcal para incorporarlo como sustrato en los viveros de maguey.

3.1.2 Subsistema mezcal

El *proceso de producción de mezcal* es el complemento del subsistema maguey de donde se obtiene la materia prima, cuando el maguey alcanza la madurez

suficiente se capan las pencas y se inicia con la jima o despencado del maguey para luego ser acarreado en bestia o en vehículo, posteriormente el maguey es transportado y llevado a las fábricas de producción para ser horneado.

Cada fábrica o palenque cuenta con un área de carga y descarga de maguey la cual no se encuentra bien definida, de igual forma cuentan con un horno los cuáles suelen ser de forma cónica de tierra, algunos revestidos de piedra o tabique rojo con piedra de río para la cocción de la materia prima, de una forma más específica podemos mencionar que más del 60% de los productores utilizan para la hidrólisis de las piñas de Maguey los hornos de tierra lo que provoca cocimientos heterogéneos (quema de piñas, piñas crudas) y un gasto excesivo de leña, a pesar de ello solo el 2% de los productores encuestados realiza alguna práctica de selección y manejo de leña en la cocción de las piñas.

El proceso de cocción de las piñas de maguey se da entre los primeros 3 a 7 días del corte, esto depende de la distancia a la que se encuentre la parcela donde se realizó el corte, del número de viajes realizados para poder sacar la cantidad necesaria para tener una horneada o lote de producción y de la mano de obra con la que se cuente.

Luego de realizar el destape del maguey se procede a la trituración o molienda de agave uno de los aspectos muy importantes a cuidar, ya que una buena trituración permite el mejor desdoblamiento de las cadenas de azúcares por parte de las levaduras. La molienda puede ser realizada mediante la ayuda del mazo (manual) o molino chileno (tirado por animales), se observa en mayor medida el uso del mazo seguido del molino chileno, el promedio de mano de obra para realizar ésta acción es de 3 personas, el proceso puede durar de uno a tres días y dependerá de la cantidad de tinajas de fermentación con las que se cuente. En 2015 la mayoría de los productores ya cuentan con desgarradoras mecánicas, que han ayudado a disminuir el consumo de materia prima en esta fase del proceso.

La fermentación es una etapa clave en el proceso de producción de mezcal, ya que en este periodo los azúcares obtenidos de la hidrólisis de la inulina del Maguey son transformados por la acción de las levaduras en el proceso de

fermentación en alcohol, una buena fermentación conduce a la obtención de componentes químicos que proporcionan al producto final las características organolépticas que caracterizan al mezcal, procesos de fermentación muy lentos o demasiado acelerados pueden conducir a la producción de compuestos químicos indeseados que brinden mal sabor al mezcal o que conduzcan al incumplimiento de los parámetros establecidos en la NOM 070; la fermentación se realiza en tinas de madera de sabino, troncos de sabino ahuecados y por pocos productores en tambos de plástico de 200 litros. Consta de dos fases: la primera cuando el maguey es molido y se lleva a las tinas que ayudarán en la misma, es aquí donde se realiza un llenado de tinas compuesto de bagazo y una cantidad mínima de agua, la segunda fase corresponde a la incorporación de agua que es cuando la tina comienza a fermentar, cabe aclarar que en el municipio no realizan formulaciones en función de la cantidad de azúcares que presenta el maguey, el promedio de agua que se le adiciona a cada tina es de 10-15 cm de altura de la parte alta de la tina, lo demás es parte del bagazo, las fermentaciones se producen de 8-15 días.

La etapa de destilación es la que define los sabores y características organolépticas del mezcal y por tanto el productor es más cuidadoso en esta fase de la producción, con el objetivo de refinar sabores y eliminar compuestos indeseados producidos en la fermentación. El 44% de los productores realizan doble destilación, que se establece en la NOM 070 como un criterio importante que diferencia al mezcal. El 100% de los productores que trabajan con tambo hacen solamente una destilación. Un punto a resaltar es que a pesar de que en la cocción los productores no seleccionan y manejan leña en la cocción, en la destilación por el alto consumo del recurso y los cuidados de calor que exige la producción se presta mayor atención en seleccionar y dar un manejo a la leña utilizada.

En el Municipio de Villa Sola de Vega existen tres procesos de destilación diferentes dentro del subsistema mezcal: olla de barro, alambique de cobre y tambo de fierro.

1. La elaboración de Mezcal en olla de barro es un proceso tradicional, su nombre proviene de la última fase de elaboración, la destilación, la cual se lleva a cabo de manera artesanal en ollas de barro. De los 64 productores del municipio, 36 producen mezcal por este método, sin cambios en el número de productores entre los años 2010 y 2015. Para elaborar mezcal por este método, el mosto fermentado es colocado en una olla calentada con leña y el vapor (destilado) es capturado mediante un recipiente de cobre colocado sobre una segunda olla sobrepuesta a la primera, que se mantiene frío con un chorro de agua circulante. El condensado es capturado en una penca (hoja de maguey) suspendida al interior de la segunda olla y esta a su vez se conecta con un carrizo que sale al exterior hasta un recipiente donde se recibe el destilado la figura 4 muestra el arreglo general que presentan éstos palenques o fábricas de producción.

Este sistema representa la forma más rustica para elaborar mezcal, tiene reconocimiento local y regional como único y diferente, prioriza el uso de recursos locales, su producción es limitada y temporal, los costos son altos por la inversión de mano de obra y leña principalmente, los rendimientos son bajos por las pérdidas en el proceso. Esta forma de elaborar mezcal, se basa en conocimientos empíricos que se han transmitido de generación en generación, se producen cantidades pequeñas entre 100 a 300 litros por horneada, al procesar de 1000 a 3000 kg de maguey crudo (piñas) y el producto final se ajusta a 45 a 50 % de Alc. Vol.



Figura 4.Foto palenque artesanal con sistema de destilación de olla de barro

2. Destilado en alambique: En 2010, solamente 8 productores destilaban por este método, en 2015 ya son 26 productores que destilan de esta forma, ya que el 70% de productores que destilaban en tambos de hojalata, mudaron a este sistema. Es un proceso tradicional, que obtiene su nombre de la destilación, que es realizada por un aparato compuesto de: olla de cobre o acero inoxidable, montera, turbante y serpentín. El mosto fermentado es colocado en la olla de cobre o acero inoxidable con capacidad de 200 a 350 litros, la olla es calentada por medio de leña y el vapor (destilado) es capturado por la montera y lo conduce por medio del turbante hacia el serpentín que se encuentra sumergido en agua fría, la cual permite la condensación de los alcoholes volátiles.



Figura 5.Foto palenque artesanal con sistema de destilación alambique

3. El proceso de destilación en tambo de fierro, se puede observar de manera particular en pocas localidades del municipio, en 2010 era 20 productores que destilaban de esta forma, ahora son menos de 10. El cambio sustancial del método de producción es que en la destilación sustituyen el uso de la olla de barro o el alambique de cobre por un tambo de fierro de 200 litros, ésta acción se debe a que el costo del tambo en comparación con los otros destiladores es

más bajo, una olla de barro oscila entre los 600-700 pesos, una olla de de cobre entre los 30 y 45 mil pesos y un tambo de fierro entre los 200 y 300 pesos. Las características que les confiere cada uno de los procesos son completamente diferentes y se considera un mezcal de baja calidad.



Figura 6 .Foto palenque con sistema de destilación tambo

3.1.3 Sanidad e inocuidad, Almacenaje

En lo que respecta al almacenamiento de mezcal solo el 10% que representa a los productores certificados almacena su producto en tanques de grado alimenticio y/o acero inoxidable, ello debido al alto costo que resulta a los productores adquirir este tipo de envases.

El uso de material y equipo de laboratorio permite al productor controlar de mejor forma el proceso productivo, sumando a su conocimiento empírico aspectos técnicos que permitan precisar de mayor forma el control de la fermentación y destilación principalmente, solo los productores certificados cuentan con este tipo de material y equipo pero cerca de la mitad no realiza un uso adecuado de los mismos.

3.1.4. Organizativo-Empresarial / Comercialización

Las innovaciones menos adoptadas por los productores fueron las de índole organizativo empresarial y de comercialización, situación que limita las opciones comercialización del productor al carecer de un sentido empresarial a la actividad y que limita la planificación en el control de sus gastos y la definición de precios de venta que hagan de esta actividad redituable.

El 14% de los productores constituyeron figuras jurídicas pero en su mayoría son solo para la operación o gestión de recursos gubernamentales, es necesario cimentar las bases organizativas que permitan al productor tener una visión empresarial y estrategias de comercialización a sus productos como planes de negocios, redacción de contratos de compraventa, aspectos de promoción y mercadotecnia entre otros.

3.2 Subsistema Agrícola

3.2.1 Frijol

La siembra de frijol se realiza en monocultivo, se caracteriza por ser de temporal, el periodo de siembra a la cosecha abarca de agosto a noviembre, alcanza la cobertura total en octubre a los tres meses de siembra. Para su cultivo se realiza:

- Barbecho del terreno.
- Siembra al voleo.
- Tapado (siembra) de la semilla.
- Deshierbe manual.
- Cosecha.

El barbecho es en el mes de julio-agosto, se vota y tapa la semilla al mismo tiempo, el deshierbe manual es al mes después de la siembra y solo si hay demasiada hierba en el terreno, el deshierbe se realiza de forma manual. La cosecha se realiza a los tres meses de la siembra.

PRÁCTICAS CULTURALES REALIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL DE TEMPORAL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BARBECHO							■	■				
SIEMBRA								■	■			
APORQUE								■	■			
DESHIERBE									■	■		
COSECHA											■	■
SELECCIÓN DE SEMILLAS	■	■	■									■

Figura 7. Cuadro cronológico de la siembra de frijol

3.2.2 Garbanzo

La siembra de garbanzo se realiza en monocultivo, se caracteriza por ser de temporal, el periodo de siembra a la cosecha abarca de la segunda semana de octubre, alcanza la cobertura total a mediados de enero y principios de febrero.

3.2.3 Calabaza

La siembra de calabaza se realiza en asociación con el maíz en sistema de temporal, el periodo de siembra a la cosecha abarca 6 meses, alcanza la cobertura total a los dos meses y medio.

PRÁCTICAS CULTURALES REALIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ ASOCIADO CON CALABAZA EN UN SISTEMA DE TEMPORAL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BARBECHO				■	■							
SIEMBRA					■	■	■					
LABRANZA							■	■				
ENCAJONADA								■	■	■		
COSECHA										■	■	
PIZCA											■	■
SELECCIÓN DE SEMILLAS	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE CALABAZA												
SIEMBRA						0 días						
EMERGENCIA						7-10 días						
EMISIÓN DE GUÍA							40-45 días					
INICIO DE FLORACIÓN								50 días				
PRIMER CUAJADO									50-60 días			
INICIO DE COSECHA										90-100 días		
FIN DE COSECHA											180 días	

Figura 8. Cuadro cronológico de la siembra de maíz y calabaza

3.2.4 Maíz

Para el cultivo de maíz de temporal dentro de la comunidad, no es necesario tener un tipo de suelo específico ni condiciones estrictas de clima como es el caso de algunos otros cultivos, se siembra acorde al inicio del periodo de lluvias de temporal.

El tipo de suelo así como en el resto de la comunidad, varía de un lugar a otro. Cada productor siembra en terrenos con mayor cantidad de desechos orgánicos, son terrenos arcillosos y con pendientes variables. Se destina la mayor cantidad de terrenos para la siembra de este maíz pues para los productores, el gasto económico y de mano de obra no se refleja en los costos de producción.

El proceso que se lleva a cabo en el cultivo del maíz de temporal es importante mencionarlo:

- La selección de semilla la realiza cada productor extrayendo de las reservas de grano en sus hogares, las mazorcas más grandes, vigorosas y sanas.
- La preparación de la tierra se realiza en los días cercanos al temporal de lluvias, el barbecho, es en el mes de mayo-principios de junio
- Algunos días después de que las lluvias han iniciado y que los productores consideran prudente, es decir, el terreno contiene la humedad necesaria para que permita germinar la semilla y que ésta se mantenga viva, se realiza el surqueado al terreno. Enseguida se siembra el terreno siguiendo de cerca el arado con la yunta, así evitan que la tierra se seque por el viento o el calor.
- La siembra la realizan los integrantes de la familia donde se apoyan de algunos otros por medio de la guesa
- La labranza se hace a las 4 ó 5 semanas después de la siembra siempre y cuando la humedad de la tierra lo permita. Si la tierra está muy mojada el arado no puede entrar, si está demasiado seco y se labra, el cultivo sufre por la resequedad que le llega a la raíz y se podría incluso secar.

- La cosecha se realiza en el mes de noviembre-diciembre y posteriormente se barbecha para dar paso a otro cultivo, ya sea frijol.

La mano de obra es meramente familiar: el jefe de familia prepara el terreno, los hijos y madre siembran y cosechan y desentierran las plantas de maíz al momento del deshierbe o labranza. En ocasiones participan para la preparación de la tierra varias yuntas, pero esto es opcional, no necesario.

PRÁCTICAS CULTURALES REALIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ DE TEMPORAL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BARBECHO				■	■							
SIEMBRA					■	■	■	■				
LABRANZA							■	■	■	■		
ENCAJONADA								■	■	■		
COSECHA DE ELOTES										■	■	
PIZCA											■	■
SELECCIÓN DE SEMILLAS	■	■	■	■								

Figura 9. Cuadro cronológico de la siembra de maíz de temporal

3.3 Subsistema pecuario

Como parte de las actividades económicas que las familias realizan y que representa una forma de ahorro, cada núcleo familiar cuenta con cierto número de animales ya sea de traspatio o algunas cabezas de ganado mayor. Estos animales están disponibles para cuando la familia debe hacer un gasto mayor al que comúnmente realizan, ya que son puestos en venta en algún tianguis.

Generalmente cuando los animales llegan a tener un buen peso y tamaño y si la Unidad Familiar lo requiere, los animales son puestos en venta. Son ofrecidos al mejor ofertante y la reposición de los mismos surge conforme pasa el tiempo cuando los adultos se reproducen, mientras, el dinero obtenido por la venta de los anteriores es destinado para cubrir algún gasto familiar. Los productos extraídos de este componente, son principalmente alimentos, carne para venta, como medios de transporte y fuerza de tracción para las actividades agrícolas.

El promedio del total de animales que las familias mantienen para su cuidado y aprovechamiento se muestra en el siguiente cuadro. Las especies que se encuentran en mayor cantidad son ovinos y caprinos.

Tabla 3. Promedio de animales en núcleos familiares

Especies manejadas	Ganado (cantidad)								
	Pollos	Guajolotes	Cerdos	Chivos	Borregos	Vacas	Toros	Mular	Burros
PROMEDIO	10	4	0.9	9.0	8.0	1	2	2	1

Algunas personas venden comida los días de plaza en la comunidad o lavan ropa ajena para obtener algunos ingresos.

La cosecha de granos básicos no ha sido suficiente los últimos años para la mayoría de los productores de tal manera que las familias solo la utilizan para autoconsumo y en caso de agotarse acuden a comprarle a los pocos productores que si obtuvieron buena cosecha o a la tienda Diconsa que se encuentra en la comunidad.

3.4 Subsistema socio económico

CONEVAL en el año 2010 determinó una población total en el municipio de Villa Sola de Vega de 12,525 personas de las cuales 4079 pertenecen a la población económicamente activa siendo el 69.85% quienes se dedican a actividades primarias, 10.44% actividades secundarias, 6.89% comercio, 12.04% servicios y 0.78% no especificados; dentro de las actividades primarias se engloban a los productores de maguey y mezcal con un total de 222 que representa al 8% (INEGI, 2011). El tamaño promedio de los hogares es de 4.5 integrantes, el grado promedio de escolaridad de la población de 15 años o más en el municipio era de

5.2 años, el municipio cuenta con 42 escuelas preescolares, 66 primarias y 16 secundarias, dos bachilleratos y una universidad, las unidades médicas en el municipio eran 11 contando con un personal médico total de 12 personas a razón de 1.1 médicos por unidad médica.

Algunos indicadores de pobreza y vulnerabilidad mencionan que 82.8% de la población total del municipio se encuentran en pobreza, de los cuales 36.7% presentaban pobreza moderada y 46.1% estaban en pobreza extrema; la condición de rezago educativo afectó a 43.2% de la población, lo que significa que 6,017 individuos presentaron esta carencia social, el porcentaje de personas sin acceso a servicios de salud fue de 27.7%, equivalente a 3,854 personas, la carencia por acceso a la seguridad social afectó a 93.5% de la población, es decir 11,711 personas se encontraban bajo esta condición, el 66.6% de individuos habitan en viviendas con mala calidad de materiales y espacio insuficiente, el 86.9% habitan en viviendas sin disponibilidad de servicios básicos fue lo que significa que las condiciones de vivienda no son las adecuadas, un indicador importante fue la incidencia de la carencia por acceso a la alimentación con un total de 40.9% de la población.

Varias familias dependen de apoyos de instituciones que intervienen en el desarrollo de la comunidad como SEDESOL a través del programa oportunidades, el sistema DIF y Diconsa. La SAGARPA por medio de PROCAMPO Y Alianza para el campo. Sin dejar por un lado la colaboración del IEEPO a través de las instituciones educativas dentro del municipio.

La mayoría de productores en la comunidad tienen una yunta para arar sus terrenos, el resto tiene que rentar este servicio con un costo de \$150.00 por día si el terreno es chico, si es aproximado a 1ha, el costo por día será \$300.00.

Los gastos más fuertes son en el momento de la siembra ya que implica toda una fiesta en la que los invitados especiales son los sembradores.

Otro gasto es la compra de semillas para sembrar, esto es, cuando la cosecha anterior no alcanza para guardar y sembrar el próximo ciclo o bien, se sembró y la cosecha se perdió.

Algunos productores trabajan “a medias” los terrenos, es decir, toman prestado uno o más predios de algún otro productor y trabajan la tierra dividiéndose los gastos que implica la preparación del terreno y siembra, posteriormente, al cosechar, se dividen la producción entre el dueño y el mediero. Esta actividad se realiza sobre todo cuando el jefe de familia ha emigrado o está indispuesto para realizar algunas actividades.

Cuando se realiza la “gueza” no hace falta pagar la mano de obra, pues el dueño de la siembra solicita a otras personas para que colaboren en las actividades de preparación y siembra de la tierra.

La obtención de la tierra es a través de herencia en su mayoría, el resto la adquieren comprando terrenos.

3.5 Componentes biofísicos del sistema productivo maguey-mezcal artesanal

La tabla 4 describe las determinantes para la caracterización del sistema productivo artesanal maguey mezcal 2010 y maguey mezcal 2015.

Tabla 4. Características biofísicas del sistema productivo maguey-mezcal evaluado

DETERMINANTES DEL AGROECOSISTEMA	DESCRIPCIÓN	SISTEMA MAGUEY MEZCAL 2010	SISTEMA MAGUEY MEZCAL 2015
BIOFÍSICAS	Clima	El municipio presenta los siguientes tipos de clima (A)C(w0), (A)C(w1), (A)C(w2): Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor a 43.2 y mayor a 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual y C(w1) y C(w2): Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y mayor a 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual	
	Geología	Cretácico (34.50%), Terciario (23.66%), Paleozoico (17.37%), Precámbrico (15.27%), Paleógeno (4.85%), Jurásico (4.09%) y Cuaternario (0.26%) Ígnea intrusiva: Granito (10.17%) Ígnea extrusiva: Toba ácida (23.66%) Sedimentaria: Caliza (13.89%), lutita-arenisca (13.40%), limonita-arenisca (7.04%), arenisca-conglomerado (4.46%) y caliza-lutita (0.56%) Metamórfica: Gneis (19.36%), esquisto (7.20%) Suelo: Aluvial (0.26%)	
	Altitud	Altitud entre 1389 y 1921 msnm	
	Hidrología	Región hidrológica: Costa Rica-Río Verde (100%), Cuenca: R. Atoyac (100%) Subcuenca: R. Atoyac-Oaxaca de Juárez (45.38%), R. Atoyac-San Pedro Juchatengo (41.40%) y R. Sordo (13.22%), Corrientes de agua: Perennes: Río Solteco, Yogolana, Atoyac, Guelagosa, Minas, Tinto, Grande, Espuela, La Yerbabuena, Espuela y Humo. Intermitentes: Alazán, El Durazno, Los Sabinos, Santa Rosa, Chepil, Gozengo, León, Nuñum, Guelagosa.	

Continuación **Tabla 4...**

	Suelos	Predominan suelos como el Luvisol (54.57%), Leptosol (23.52%), Cambisol (13.00%), Regosol (6.22%), Fluvisol (1.62%), Umbrisol (0.75%) y Phaeozem (0.32%)		
	Vegetación	Bosque de Latifoliadas, Bosque de Coníferas y Bosque Tropical Caducifolio		
TECNOLÓGICAS Y DE MANEJO	Especies y variedades manejadas	Magüey tobalá, espadín, arroqueño, sierrudo o sierra negra, coyote, mexicano, mexicano penca larga o mexicano amarillo, mexicano azul o penca angosta, mexicano rellisto o rollisto, mexicanito o mexicanito de campo, tobasiche o barril verde, barril, barril chino o chino verde, jabalí, tepeztate, blanco, de pulque, de pita o espadín sin espinas.	Magüey tobalá, espadín, arroqueño, sierrudo o sierra negra, coyote, mexicano, mexicano penca larga o mexicano amarillo, mexicano azul o penca angosta, mexicano rellisto o rollisto, mexicanito o mexicanito de campo, tobasiche o barril verde, barril, barril chino o chino verde, jabalí, tepeztate, blanco, de pulque, de pita o espadín sin espinas.	
	Especies dominantes	Maíz, frijol, calabaza, chile, garbanzo, tomate, amaranto	Maíz, frijol, calabaza, chile, garbanzo, tomate, amaranto	
	Organización cronológica de los cultivos	Molicultivo	Policultivo	
	Tracción	Labranza	Tracción animal yunta	
		Labores culturales	Manual y Tracción animal: Barbecho, surcado, siembra, deshierbe	Manual y Tracción animal: Barbecho, recruza, surqueado, siembra, labranza

Continuación **Tabla 4...**

TECNOLÓGICAS Y DE MANEJO	Manejo de suelo	Conservación	Conservación casi nula: cercos vivos	Cercos vivos, siembra en curvas a nivel, realización de compostas	
		Fertilización	Química y abono de animales sin previo composteo	Abono animal con previo composteo (estiércol de res, chivos y borregos, caballos, burros, etc., abonos verdes), rastrojo incorporado al suelo, bagazo composteado	
	Manejo de plagas y enfermedades		Química	Química-manual-control biológico	
	Manejo de arvenses		Deshierbe manual, con tracción animal y químico		
	Manejo pecuario		Semiextensivo		
SOCIOECONÓMICAS	Tipo de productores		Grupo de comuneros que cuentan con 2.5 ha de terreno en promedio apto para la producción de granos básicos y maguey		
	Objetivo de la producción		Autoconsumo y para el caso de garbanzo, amaranto venta del excedente		
	Tipo de mano de obra		Principalmente familiar	Familiar y por medio de gueza y tequio	
	Organización para la producción		Solo si el terreno de siembra es grande se apoya con otros productores "Gueza" y "Tequio" según sea el caso.	Solo si el terreno de siembra es grande se apoya con otros productores "Gueza" y "Tequio" según sea el caso.	

3.6 Identificación de los puntos críticos que inciden en el sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010-2015

Masera et al 1999 menciona: con el fin de establecer una definición operativa del concepto de sustentabilidad, se requiere identificar una serie de propiedades o atributos generales de los agroecosistemas a evaluar, los cuáles servirán para analizar los aspectos relevantes del mismo (los que tienden a fortalecer o debilitar el sistema) y así poder derivar indicadores de sustentabilidad durante el proceso de evaluación.

Para que el análisis de los agroecosistemas sea consistentemente teóricamente es importante que los atributos partan de propiedades sistémicas fundamentales y que estas cubran los diferentes aspectos que son necesarios en un sistema de manejo sustentable.

El MESMIS propone 7 atributos: (a) productividad, (b) estabilidad, confiabilidad y resiliencia, (c) adaptabilidad, (d) equidad y (e) autodependencia (autogestión). Con base en lo anterior y partir de la caracterización de los agroecosistemas, así como de las entrevistas realizadas a productores, observación directa en campo, los talleres participativos, se realizó un análisis FODA donde se identificaron las fortalezas y debilidades del sistema. Los puntos críticos generales identificados para determinar la problemática del sistema en cuestión y los indicadores para determinar la sustentabilidad se describen en el anexo 5.

3.6.1 Identificación de los puntos críticos en el área económica

Se determinaron 6 puntos críticos principales en el área económica como lo muestra la tabla 5: bajos rendimientos, alto uso de mano de obra, número de actividades desarrolladas alta, uso de mano vuelta alta, producciones bajas que no alcanzan para cubrir los gastos alimenticios; se relacionaron los 6 puntos críticos con 7 atributos de sustentabilidad.

Tabla 5. Puntos críticos identificados en el área económica

ATRIBUTO	PUNTO CRÍTICO
PRODUCTIVIDAD	Bajos rendimientos
	Alto uso de mano de obra
ESTABILIDAD, RESILIENCIA, CONFIABILIDAD, ADAPTABILIDAD	Número de actividades alto
	Uso de mano vuelta alta
AUTODEPENDENCIA	Producciones bajas que no alcanzan para cubrir los gastos alimenticios
AUTODEPENDENCIA	Alto precio de insumos

3.6.2 Identificación de los puntos críticos en el área social

Para la evaluación del área social se encontraron 3 puntos críticos principales como lo muestra la tabla 6 que se relacionan con 2 atributos de sustentabilidad los puntos críticos fueron: toma de decisiones antidemocráticas (jefe de familia), número de actividades implementadas alto, se ejerce autonomía sobre las tierras que se trabajan.

Tabla 6. Puntos críticos identificados en el área social

ATRIBUTO	PUNTO CRÍTICO
EQUIDAD	Toma de decisiones antidemocráticas (jefe de familia)
AUTODEPENDENCIA	Número de actividades implementadas alto
AUTODEPENDENCIA	Se ejerce autonomía sobre las tierras que se trabajan

3.6.3 Identificación de los puntos críticos en el área ambiental

Respecto a la evaluación del área ambiental se encontraron 10 puntos críticos relacionados con 5 atributos, la tabla 7 muestra el resumen de los puntos más importantes.

Tabla 7. Puntos críticos identificados en el área ambiental e institucional

PUNTOS CRÍTICOS EN EL ÁREA AMBIENTAL E INSTITUCIONAL	
ATRIBUTO	PUNTO CRÍTICO
ESTABILIDAD, RESILIENCIA, CONFIABILIDAD	Alta diversidad de especies manejadas en la producción de mezcal Disminución drástica de agave por extracción de foráneos
	Siembra de maguey en parcelas con pendientes prolongadas superiores al 5%
	Alta diversidad de especies de agave manejadas en la producción de mezcal
	Se desconoce las características físico-químicas del suelo de las parcelas de agave Se están cambiando prácticas de manejo diversificado en la siembra de maguey por monocultivo
AUTODEPENDENCIA	Se desconoce el porcentaje de materia prima con que se cuenta para la producción de mezcal
ESTABILIDAD, RESILIENCIA, CONFIABILIDAD	Rendimientos bajos en la producción de mezcal con tendencia a la fluctuación por materia prima
	PRODUCTIVIDAD
ESTABILIDAD, RESILIENCIA, CONFIABILIDAD	Los residuos líquidos de las fábricas de producción de mezcal (vinazas) son desechados sin ningún tratamiento previo residuos sólidos sólo son almacenados en las fábricas
	AUTODEPENDENCIA

3.6.4 Identificación de los puntos críticos en el área institucional

Para el área institucional se encontraron 3 puntos críticos relacionados con 1 atributo, la tabla 7 muestra en su último apartado lo referente al área institucional.

3.7 Selección de indicadores para la evaluación del sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010-2015

Luego de identificar los puntos críticos que inciden en el agroecosistema se procedió a determinar mediante consulta previa a los productores los criterios de diagnóstico e indicadores que permitirán monitorear y evaluar el grado de sustentabilidad del agroecosistema en estudio.

En la sección anterior de manera general se encontraron mediante un análisis FODA 34 fortalezas y 31 debilidades (Ver anexo 5) que derivaron de cada uno de los subsistemas encontrados; para poder monitorear el comportamiento de las mismas se resumieron y relacionaron con 22 puntos críticos, estableciendo así: 6 indicadores a monitorear para el área económica, 4 indicadores para el área social, 7 indicadores para el área ambiental y 1 para el área institucional, generando así 18 indicadores específicos para el monitoreo y evaluación de sustentabilidad en sistemas de producción de maguey y mezcal artesanal

El resumen y la relación entre los indicadores a monitorear y los atributos a los que pertenecen se describen en la tabla 8.

Tabla 8. Indicadores para el monitoreo y evaluación del sistema productivo maguey-mezcal 2010-2015

ATRIBUTO	CRITERIO DE DIAGNOSTICO	INDICADOR GENERAL	INDICADORES ESPECÍFICOS
Productividad	Eficiencia	Relación Beneficio/Costo	Costos de producción Rendimientos
Estabilidad, Resiliencia, Confiabilidad, Adaptabilidad	Diversificación de especies productivas	Número y tipo de opciones de manejo disponibles	Diversificación de la producción agrícola

Continuación Tabla 8...

Autodependencia	Autosuficiencia	Grado de dependencia externa	Porcentaje del gasto en alimentos cubierto con la producción propia
Equidad	Distribución de costos, beneficios y toma de decisiones	Grado de democratización	Mecanismos de distribución en la toma de decisiones
Autodependencia	Control	Uso de conocimientos y habilidades locales	Número de actividades desarrolladas
Autodependencia	Control	Derechos de propiedad (individuales o colectivos) reconocidos	Tipo de tenencia de la tierra, reglas sobre el uso y disposición de los recursos
	Degradación de suelo	Ecuación Universal de Pérdida de Suelo	EUPS
	Diversidad en el tiempo y en el espacio	Índice de diversidad biológica: Índice de Shannon	Índice de Shannon
Estabilidad, Resiliencia, Confiabilidad, Adaptabilidad	Conservación de recursos naturales	Calidad de suelo, porcentaje de materia orgánica, n,p,k, ph	Índice de calidad del suelos
	Diversidad en el tiempo y en el espacio	Índice de Agrobiodiversidad	
	Fragilidad del sistema	Incidencia de plagas y enfermedades	Manejo de plagas y enfermedades en maguey
Autodependencia	Autosuficiencia	Proporción de necesidades básicas cubiertas con la producción propia	Autoabastecimiento de materia prima
Estabilidad, Resiliencia, Confiabilidad, Adaptabilidad	Diversidad en el tiempo y en el espacio Conservación de recursos	Evolución y variación de rendimientos Calidad de agua	Índice de desempeño ambiental en la producción de mezcal
Productividad	Eficiencia	Rendimientos	
Autodependencia	Participación de agentes externos	Grado de participación o involucramiento de agentes externos	Índice de intervención institucional

3.7.1 Descripción de los indicadores para la evaluación del sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010-2015

3.7.1.1 Relación beneficio costo (costos de producción)

Se determina como la relación directa que existe entre los beneficios obtenidos y los costos totales de dicho beneficio, puede estimarse de manera económica mediante la generación de los costos por trabajo (entendida como mano de obra), tiempo invertido en una actividad y gastos de producción, para su análisis es importante conocer los rendimientos productivos.

3.7.1.2 Número y tipo de opciones de manejo disponibles (diversificación de producción agrícola)

Ayuda en el análisis de la reducción de riesgos en el sistema mediante la diversificación de actividades; entre mayor número de actividades encontradas en el sistema menores riesgos de inestabilidad.

3.7.1.3 Uso de conocimientos y habilidades locales (No. de actividades desarrolladas)

Nos indica los conocimientos y habilidades individuales heredados o transmitidos que se usan en el día a día también hace referencia a los adquiridos e implementados mediante agentes externos ya sean locales o foráneos (capacitaciones y asesorías), a mayor número de conocimientos mejores estrategias de autogestión y adaptabilidad a cambios.

3.7.1.4 Grado de dependencia externa (grado de autosuficiencia alimentaria)

Nos indica la capacidad del agroecosistema de cubrir las necesidades básicas de alimentación, así como la relación negativa que se presenta cuando el sistema no soporta dicha carga y depende de la adquisición de insumos externos para cubrir las necesidades antes descritas

3.7.1.5 Grado de democratización (mecanismos de distribución del poder en la toma de decisiones)

Se genera con el análisis de la participación en los acuerdos tomados del núcleo familiar, reflejadas en el número de actividades en común que involucra a todos o la mayoría de los miembros (ahorro en la mano de obra). Lo anterior permite entender los roles establecidos en la familia así como el éxito o fracaso que se presente en nuevas actividades que desarrollen.

3.7.1.6 Derechos de propiedad reconocidos (individual o colectiva)

Permite conocer los derechos de uso y disposición de los recursos, así como los mecanismos legales para su aprovechamiento que se presentan en las localidades objeto de estudio; lo anterior determinará el grado de involucramiento de los productores en la toma de decisiones, diagnóstico diseño e implementación de propuestas que incidan de manera positiva en lo colectivo.

3.7.1.7 Nivel de autoabastecimiento en materia prima

Nos indica la proporción de necesidades básicas cubiertas con la producción propia de maguey así como el porcentaje de materia prima cubierta de manera externa a la producida (comprada), también se incluye el porcentaje de productores con establecimiento de viveros y la superficie sembrada del mismo.

3.7.1.8 Valoración según tipo de manejo para el control de plagas y enfermedades

Se usó uno de los seis indicadores propuestos por Moreno y colaboradores en el año 2011 para integrar un Índice de Manejo Sustentable del Agroecosistema (IMSA), el cual se basa en un análisis cualitativo del manejo sustentable del agroecosistema del Agave azul (*Agave tequilana Weber*). Se describe como todas las actividades desarrolladas por los productores que ayuden en el control de las plagas y enfermedades presentes en los cultivos de agave, describe cuatro acciones generales: manejo químico, manejo integrado químico-biológico o manual, manejo orgánico: manual y/o biológico y sin manejo: sin presencia de plagas o enfermedades; a cada uno de ellos se les asigna un valor en relación a la técnica utilizada.

3.7.1.9 Índice de Shannon

Es uno de los índices más utilizados para medir biodiversidad y permite la comparación entre sistemas diferentes. Este índice que se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5.

3.7.1.10 Índice de Agrobiodiversidad

Griffon (2008), desarrolla un índice de estimación de la agrobiodiversidad, el cuál toma en cuenta, como la mayoría de los índices clásicos, la abundancia y riqueza de elementos en el sistema, pero además considera el número de relaciones entre los elementos, así como la redundancia de estas relaciones y sus interacciones.

3.7.1.11 Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS): Pérdida de suelo

Nos indica la cantidad de suelo que se pierde anualmente en una parcela de producción así como las actividades de manejo que ayudan a la pérdida. Se estimará mediante la observación directa y un sistema de información geográfica.

Esta ecuación evalúa la pérdida de suelo en cuencas así como laderas o parcelas, y trata de interpretar los mecanismos erosivos por sus causas y efectos mediante el siguiente modelo:

$$E = R K L S C P$$

Dónde: E es la pérdida anual del suelo; R es el índice de erosión pluvial; K es el factor de erosionabilidad del suelo; L es el factor de longitud de la pendiente; S es el factor de pendiente; C es el factor de manejo del cultivo y P es el factor de prácticas de control de erosión.

3.7.1.12 Índice de calidad de suelos

Se basa en el análisis y la integración de 5 parámetros fundamentales para la determinación de la calidad del suelo, siendo: pH, % materia orgánica, % nitrógeno, fósforo y potasio

3.7.1.13 Índice de desempeño ambiental en la producción de mezcal

Se hace referencia al desempeño ambiental ya que proporciona información relevante acerca de las actividades industriales que llevan a cabo las empresas y que van encaminadas a reducir los impactos que éstas le provocan al medio ambiente (Vázquez, 2008).

3.7.1.14 Índice de intervención institucional

Este índice integra información relacionada a los programas que ofrecen instituciones públicas o privadas y en las que los productores acceden para recibir apoyo de asistencia técnica, apoyo para la producción y la comercialización. Supone que entre más programas existan, mayores serán los beneficios. (Moreno, 2010).

3.8 Resultados por indicador para la evaluación del sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010-2015

3.8.1 Costos de producción totales

Los costos de producción totales refleja la inversión realizada a lo largo de un año productivo en el agroecosistema, para el año 2010 se estimó una inversión de \$54, 564.04 pesos; respecto al cultivo del maíz y maguey se obtuvieron costos de producción basados en superficies de 1 ha, para frijol y amaranto 0.5 ha y para garbanzo 1/4 ha, el costo productivo para mezcal se estimó con base en un lote de 4 ton de maguey que es el promedio de siembra y producción de mezcal que obtuvimos mediante las encuestas realizadas.

En el año 2015 los costos del año productivo generados en el agroecosistema fueron de \$83,658.7 pesos siendo superiores con respecto al año 2010 por \$29,094.64; tomando como referencia los mismos tamaños de superficie de hace 5 años.



Figura 10. Costos productivos totales del sistema productivo maguey-mezcal 2010

Para la evaluación se estimaron valores máximos y mínimos con los cuáles comparar, el valor mínimo para éste indicador se generó un promedio con los costos obtenidos en los años 2010 y 2015 estimado con base en los rendimientos y el precio de venta dentro del municipio; de igual manera se estimó para el valor máximo donde la producción de maguey y mezcal fueron los únicos que aumentaron, reflejando el peor escenario que podría suceder en los años de evaluación (mezcal el costo de producción sea de \$100.00 pesos por litro y maguey \$5.00 kg) donde existiera un incremento del costo productivo por cada actividad.

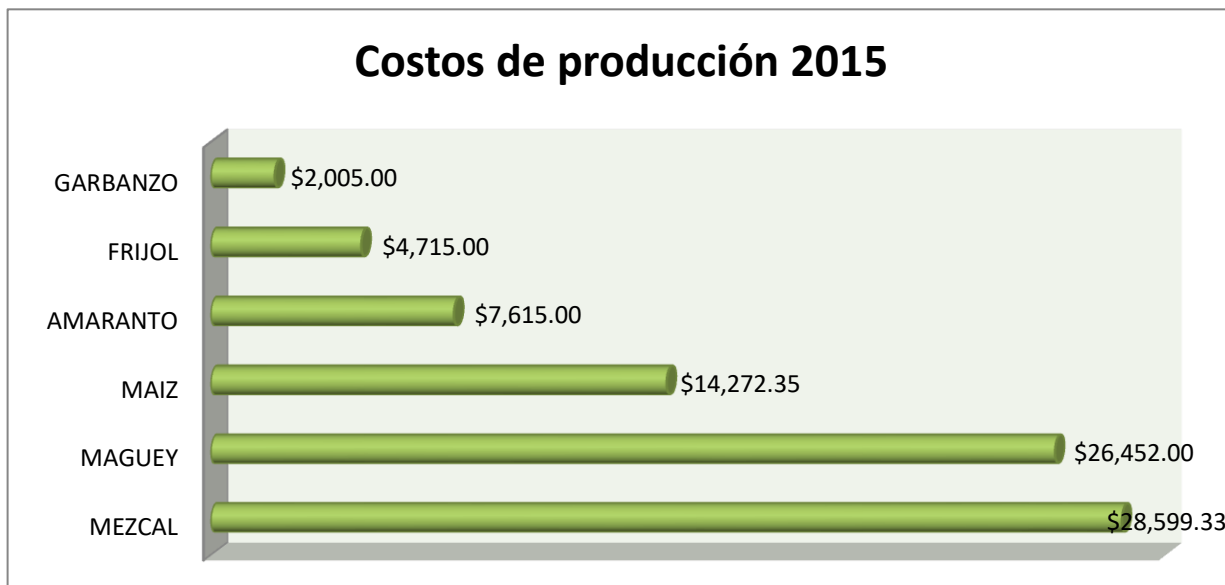


Figura 11. Costos productivos totales del sistema productivo maguey-mezcal 2015

Uno de los cultivos más representativos dentro del municipio sigue siendo el maíz, en el cuál se basa la alimentación de las familias, por tanto es importante describir que los costos productivos se estimaron mediante tres conceptos fundamentales: mano de obra, tracción e insumos. La mano de obra describe 6 actividades base que se realizan para el cultivo, el incluirlas como parte de los costos se debe al tiempo requerido para la producción, el cuál podría ser invertido en otra actividad que genere un ingreso monetario, el costo estimado para dicha actividad fue de \$150.00/día y de \$200.00/día en el año 2010 y 2015 respectivamente. La actividad que requiere mayor cantidad de trabajo es el zacateo y la cosecha con 18 y 12 jornales respectivamente, esto no representa un número real de trabajadores puesto que se puede interpretar como el número de personas trabajando en un día o bien, días de trabajo por persona para terminar la actividad.

Tabla 9. Costos de producción generados por mano de obra en siembra de maíz

Insumo	Actividad	MAIZ 2015			MAIZ 2010		
		Cantidad	Costo unitario	Pesos/ha	Cantidad	Costo unitario	Pesos/ha
Mano de obra	Barbecho	1.5		\$300.00	1.5		\$225.00
	Surqueado	3		\$600.00	3		\$450.00
	Siembra	6		\$1,200.00	6		\$900.00
	Deshierbe	2	\$200.00	\$400.00	2	\$150.00	\$300.00
	Oreja	2		\$400.00	2		\$300.00
	Zacateo	18		\$3,600.00	18		\$2,700.00
	Cosecha	12		\$2,400.00	12		\$1,800.00
Subtotal		44.5		\$8,900.00	44.5		\$6,675.00

La tracción animal se basa en yunta la renta por día en el año 2010 tuvo un costo de \$200.00 y para 2015 de 250.00, el 90% de los productores encuestados cuentan con éste tipo de animales sin embargo, es importante que se refleje el costo del trabajo que realizan ya que la inversión por animal oscila entre los \$15,000.00 a \$30,000.00 dependiendo del porte del animal, además del gasto que se produce por la alimentación del mismo.

Tabla 10. Costos de producción generados por tracción animal o mecánica en siembra de maíz

Insumo	Actividad	MAIZ 2015			MAIZ 2010		
		Cantidad	Costo unitario	Pesos/ha	Cantidad	Costo unitario	Pesos/ha
Tracción	Barbecho	1.5		\$375.00	1.5		\$300.00
	Surqueado	1.5	\$250.00	\$375.00	1.5	\$200.00	\$300.00
	Siembra	3		\$750.00	3		\$600.00
	Deshierbe	1		\$250.00	1		\$200.00

Oreja	0	\$0.00	0	\$0.00
Zacateo	0	\$0.00	0	\$0.00
Cosecha	0	\$0.00	0	\$0.00
Subtotal	7	\$ 1,750.00	7	\$ 1,400.00

Los insumos empleados dependen del tipo de manejo que realice el productor, las semillas más usadas siguen siendo la semilla criolla de maíz blanco o amarillo llamada tepecintle, el costo de la semilla se mantuvo de los años 2010 al 2015; una de las actividades realizadas por los productores para ambos años de evaluación sigue siendo la fertilización química, siendo uno de los insumos externos en los que se invierte.

Tabla 11. Costos de producción generados por insumos para la siembra de maíz

Insumo	Actividad	MAIZ 2015			MAIZ 2010		
		Cantidad	Costo unitario	Pesos/ha	Cantidad	Costo unitario	Pesos/ha
Insumos	semilla de maíz	12	\$10.00	\$120.00	12	\$10.00	\$120.00
	semilla de calabaza	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
	semilla de frijol	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
	semilla de garbanzo						
	hijuelos	0	\$0.00	\$0.00	0	\$5.00	\$0.00
	sulfato	5	\$290.00	\$1,450.00	5	\$250.00	\$1,250.00
	urea	3	\$380.00	\$1,140.00	3	\$350.00	\$1,050.00
	18/46	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
	herbicida (faena)						
Subtotal		20		\$2,710.00	20		\$2,420.00
Totales				\$13,360.00			\$10,495.00

3.8.2 Rendimiento de granos básicos y autosuficiencia alimentaria

Uno de los indicadores económicos más importantes evaluados fue la autosuficiencia alimentaria; con base en las encuestas realizadas, para el año 2010 los datos se obtuvieron directamente de las encuestas en el apartado “subsistema agrícola página 10” de igual forma se usaron las encuestas y se monitorearon las cosechas de granos básicos como el maíz, frijol, garbanzo, amaranto y huevo obtenidas en el año 2015.

Los resultados obtenidos en rendimientos de granos básicos para el año 2010 fueron de: 2287.1 kg siendo de 2028.6 kg para el año 2015 que incluye la producción de maíz, frijol, garbanzo y amaranto; la producción de huevo se determinó tomando como referencia un promedio de 10 aves por familia al año para ambos años, teniendo posturas de 1.7 huevos/ave/semana considerando un peso de 0.54 gr por huevo obteniendo 47.7 kg anuales.

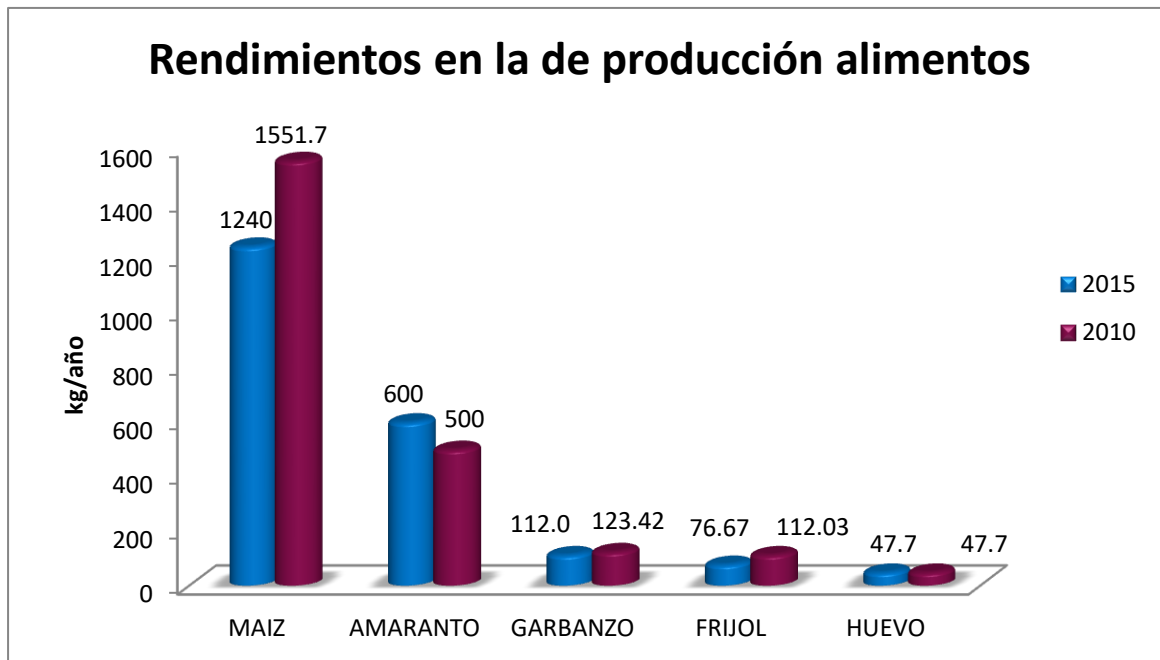


Figura 12. Rendimientos de alimentos para autoconsumo

3.8.2.1 Consumo per cápita de granos básicos en el municipio

Para estimar el porcentaje de necesidades alimenticias cubiertas por el sistema se usaron los datos de rendimientos de cada alimento producido, así como el consumo per cápita tanto de la localidad como la estatal y nacional basados en las encuestas y bibliografía consultada respectivamente. El consumo de maíz para el municipio se estimó en 231.1 kg/persona/año; en promedio las familias preparan el maíz para el proceso de nixtamalización 4 veces por semana 5 kg de maíz del cuál obtendrán tortillas que son la base de su alimentación. SAGARPA 2016 considera 297 kg/persona/año, Oxfam, 2009 296.2 kg/persona/año, INIFAP, 2009 220 kg/persona/año. El consumo de frijol oscila entre los 10 kg- 12 kg a nivel nacional (FIRA 2011, FIRA 2012), sin embargo a nivel municipio el consumo es de 3 kg a la semana por familia, siendo de 34.6 kg/persona/año. El consumo de garbanzo es de 5

kg/persona/año, el huevo es 22.1 kg/persona/año y el amaranto 7 kg/persona/año (SAGARPA, 2016).

3.8.2.2 Necesidades de alimentación cubiertas en 2015

El promedio de integrantes por familia CONEVAL 2015 lo mantiene para los años 2010 y 2015 en 4.5 integrantes, siendo un parámetro fundamental para determinar el consumo total que se generan en el interior de las Unidades de Producción Familiar (UPF); La tabla siguiente muestra los rendimientos obtenidos en el ciclo de evaluación 2015 los cuáles fueron comparados con el consumo necesario anual en una familia promedio, se tomaron en cuenta los factores que tienden a disminuir la cosecha producida, para el caso del maíz se estimó un 5% de pérdida total de grano por problemas de rendimientos esperados, 10% de pérdidas por problemas de post cosecha (plagas) y almacenamiento, 20% que se destina para la alimentación de animales de traspatio, ganado vacuno y/o caprino y sólo el 65% del grano total es el que refleja lo que realmente se destina a la alimentación de la UPF.

En el caso del frijol sólo es considerado como único factor que disminuye la cosecha obtenida 10% de plagas post cosecha, debido a que los rendimientos tienden siempre a ser bajos lo que incluye los factores de pérdida total, éste grano es uno de los pocos que no es utilizado para la alimentación de los animales por el precio de compra/venta que se maneja en el mercado así como los rendimientos antes mencionados, el 90% restante se destina al consumo familiar.

Tabla 12. Autoabasto de alimentos en año 2015

Cultivo	Rendimiento kg	Consumo kg/año/UPF	Producción Necesaria kg/año	5% Pérdida total	10% Plagas post cosecha	20% Alimento animales	kg para Alimentación	kg Faltante para consumo
Maíz	1240	1040.0	1474.0	62	124	248	806	234
Frijol	76.7	155.7	163.4	0	7.67	0	69.03	86.7
Garbanzo	112.0	22.5	22.5	0	0	0	22.5	0
Huevo	47.7	99.5	99.2	0	0	0	47.7	51.5
Amaranto	600.0	31.5	61.5	30	0	0	31.5	0

Como se puede observar en la tabla anterior la producción de maíz, frijol y huevo no logran cubrir el consumo anual, sin embargo, es el amaranto y garbanzo los que complementan

tanto las necesidades de consumo así como un excedente que permita la comercialización de los mismos y un ingreso económico extra.

Luego del análisis de los datos obtenidos en campo para el año 2015 se determinó que el agroecosistema alcanza a cubrir las necesidades alimenticias en un 75.8%, es decir disminuyó en un 6.8% comparado con el año 2010; en cuanto al garbanzo y el amaranto son productos que permiten no solo cubrir las necesidades de alimento, son parte de las producciones que generan excedentes para venta y de las cuáles se pueden obtener ingresos económicos adicionales, los cuáles ayudaran en la compra de insumos de la canasta básica que no pueden producir en el municipio o bien, que son productos de limpieza u otros necesaria.

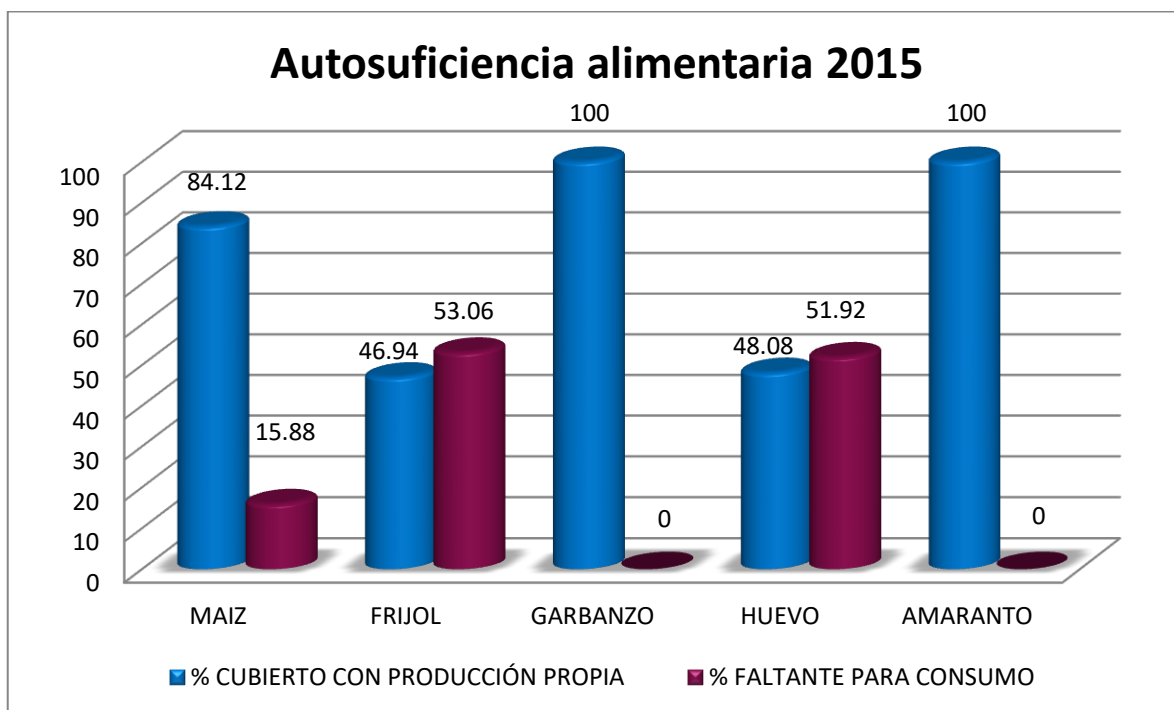


Figura 13. Porcentaje de alimentos para autoconsumo producidos en el sistema maguey-mezcal 2015

3.8.2.3 Necesidades de alimentación cubiertas en 2010

Los rendimientos producidos en el año 2010 fueron superiores al año 2015 por tanto, la capacidad de cubrir las necesidades alimenticias en ese año fue de 82.6%, el 17.4% faltante corresponde a 31.4 kg de maíz, 54.9 kg de frijol y 51.5 kg de huevo, el garbanzo y amaranto

siguen siendo los únicos cultivos que permiten cubrir el consumo familiar y obtener excedentes para la venta local y regional

Tabla 13. Autoabasto de alimentos en año 2010

Cultivo	Rendimiento kg	Consumo kg/año/UPF	Producción Necesaria kg/año	5% Pérdida total	10% Plagas post cosecha	20% Alimento animales	kg para Alimentación	kg Faltante para consumo
Maíz	1551.7	1040.0	1583.1	77.6	155.2	310.3	1008.6	31.4
Frijol	112.0	155.7	166.9	0	11.2	0	100.8	54.9
Garbanzo	123.4	22.5	22.5	0	0	0	22.5	0
Huevo	47.7	99.5	99.2	0	0	0	47.7	51.5
Amaranto	500	31.5	56.5	25	0	0	31.5	0

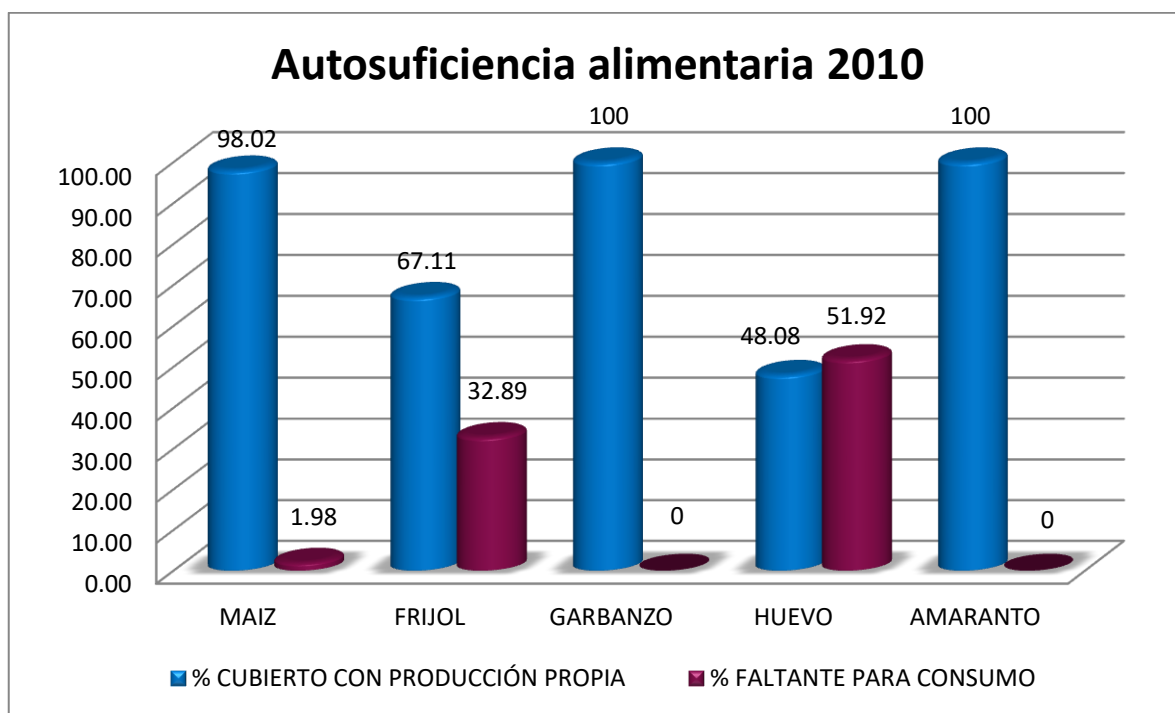


Figura 14. Porcentaje de alimentos para autoconsumo producidos en el sistema maguey-mezcal 2010

3.8.3 Rendimientos en la producción de mezcal

Los rendimientos por la producción de mezcal fueron obtenidos por localidad en donde se realizaron las encuestas (Rancho Viejo, Sección Cuarta, Gulerá, San Juan Bautista y San Sebastián de las Grutas), se monitorearon 3 lotes de producción de las variedades más

trabajadas en la localidad (maguey espadín, tobalá y casero) y con un lote promedio de 4 toneladas de maguey en crudo.

A continuación se muestra una tabla que refleja los rendimientos obtenidos por lote de producción en las diferentes localidades monitoreadas, los mejores rendimientos los obtuvo la localidad de Sección Cuarta, que en el año 2010 el sistema de destilación se realizaba en tambo de lámina y con una montera con deflectores o ejuteca la cual tiene la característica de necesitar de una sola destilación, las ventajas de éste sistema de destilación son los rendimientos altos que se obtienen, sin embargo, necesita de una inversión mayor en energía, para el año 2015 el 80% de los productores cambiaron el tambo de lámina por una olla de acero inoxidable, pero, siguen realizando el mismo proceso de destilación, lo que le confiere características organolépticas al producto final de baja calidad.

Los rendimientos más bajos fueron para la localidad de San Juan Bautista, que destila en ollas de barro con un rendimiento de 219 lt/ lote y 274 lt/lote en el año 2010 y 2015 respectivamente.

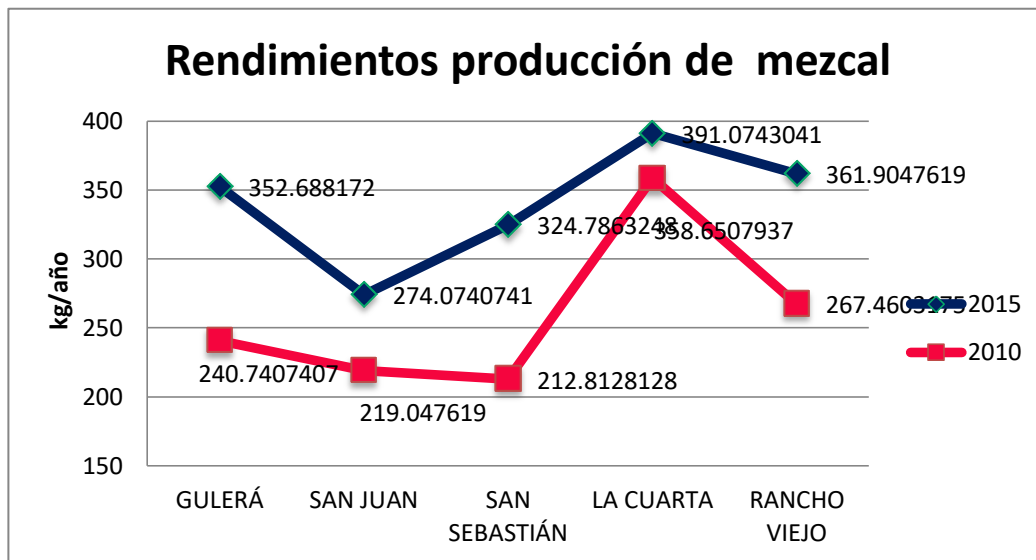


Figura 15. Rendimientos promedio en la producción de mezcal

3.8.4 Rendimiento de Maguey en Parcela

Para evaluar el rendimiento de maguey mezcalero, se consideró como unidad de análisis las toneladas por hectárea por año (ton/ha/año) que se producen de maguey. Se consideró la densidad de siembra (plantas por hectárea), la proporción que corresponde la especie de

agave y el promedio en años que ha forma expresa del productor, tarda el maguey en alcanzar su madurez.

Moreno-Hernández *et al* (2002), evaluó el rendimiento en parcelas de agave tequilero, con densidades promedio que oscilaron de 2,222 a 4,167 plantas ha con una separación promedio entre planta y surco de 1.76 m; el peso promedio a la jima varió de 30 a 60 kg. La combinación de estos factores y las condiciones de la parcela produjeron rendimientos variables, desde 86 hasta 200 ton. La meta de rendimiento a perseguir debe ser la de rendimiento máximo sustentable, no la del máximo rendimiento posible, como lo menciona Zinck, 2002.

Para Sola de Vega, se consideró un sistema de producción extensivo, dado que la cantidad de tierra con que cuenta el productor es limitada y no puede dedicarse exclusivamente a la actividad magueyera. El rendimiento máximo posible se obtuvo entonces tomando como referencia la máxima densidad de agave posible en Sola de Vega, que permita el cultivo de las otras especies complementarias, manteniendo la capacidad de carga del agroecosistema (maíz, frijol, garbanzo, amaranto), estableciendo así una densidad máxima de 2000 plantas/ha.

Para estimar las toneladas producidas por año, se estimó el peso promedio de las especies de agave que cultivan los productores en Sola de Vega, que es de 48.8 kg y los años que en promedio tardan los agaves en madurar para ser cosechados en Sola de Vega, que son 8.3 años.

En 2010, en Sola de Vega había un rendimiento promedio de 10.91 ton/ha/año, dado que la producción de mezcal era predominantemente local y el productor contaba con una baja densidad de agave en parcela. En 2015 el rendimiento promedio ascendió a 11.4 ton/ha/año, dado que el productor ha comenzado a sembrar individuos nuevos en las parcelas de agave, derivado de las demandas de agave y mezcal a nivel local y externo. El rendimiento máximo sustentable se estableció en 15.23 ton/ha/año y el rendimiento mínimo en 3 ton/ha/año, que significa el consumo promedio de agave para una producción de mezcal en Sola de Vega. Los resultados se pueden apreciar en la tabla siguiente.

Tabla 14. Rendimientos calculados de agave por hectárea, por año (Ton/Ha/Año)

	Distancia entre líneas (m)	Distancia entre surcos (m)	Densidad / ha	Años de madurez para jima	Peso promedio de agave para jima (kg)	Ton /Ha	Ton/ha/ año
Densidad Maguey Tequilero (Moreno <i>et al.</i> , 2002)	1.8	1.8	3192	7	50	159.6	22.8
Densidad intensiva maguey mezcalero	1.5	1.5	4444	7	50	222.2	31.7
Densidad 2010 Sola de Vega	3.0	2.1	1565	7	48.8	76.4	10.9
Densidad 2015 Sola de Vega	3.0	2.0	1636	7	48.8	79.8	11.4
Densidad Máxima sustentable Sola de Vega	3.0	1.5	2222	7	48.4	107.6	15.4
Densidad Mínima	5.0	4.6	434	7	48.4	21.0	3.0

3.8.5 Relación beneficio/costo

La relación beneficio/ costo del agroecosistema para el año 2010 fue de 0.76 siendo de 1.74 para el año 2015, para el segundo año de monitoreo la producción de maguey y mezcal es lo que le confiere rentabilidad a las actividades analizadas en conjunto, la producción de garbanzo y amaranto se mantienen con relación positiva ambos años.

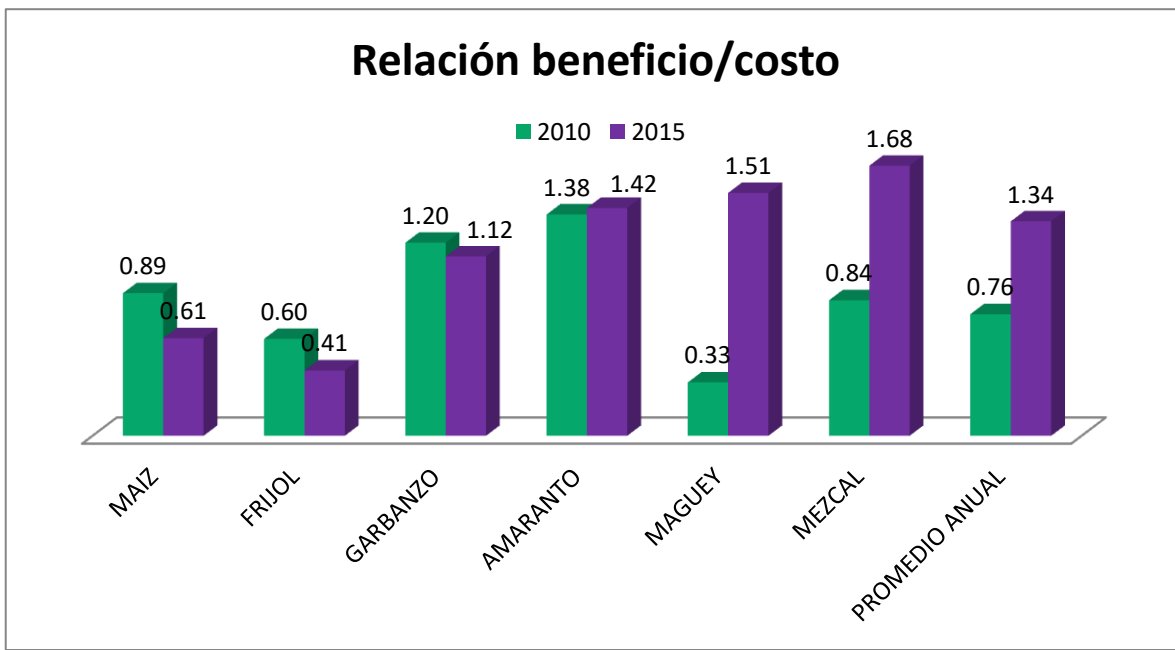


Figura 16. Relación Beneficio/Costo generado por actividad productiva en cada año de evaluación

3.8.6 Diversificación de la producción agropecuaria

El número de actividades desarrolladas por productor oscilan entre las 9 y 9.7 actividades durante los años 2010 y 2015 respectivamente, siendo actividades base para todos la siembra de maíz, frijol, maguey, aves de traspatio, ganado vacuno y animales de carga.

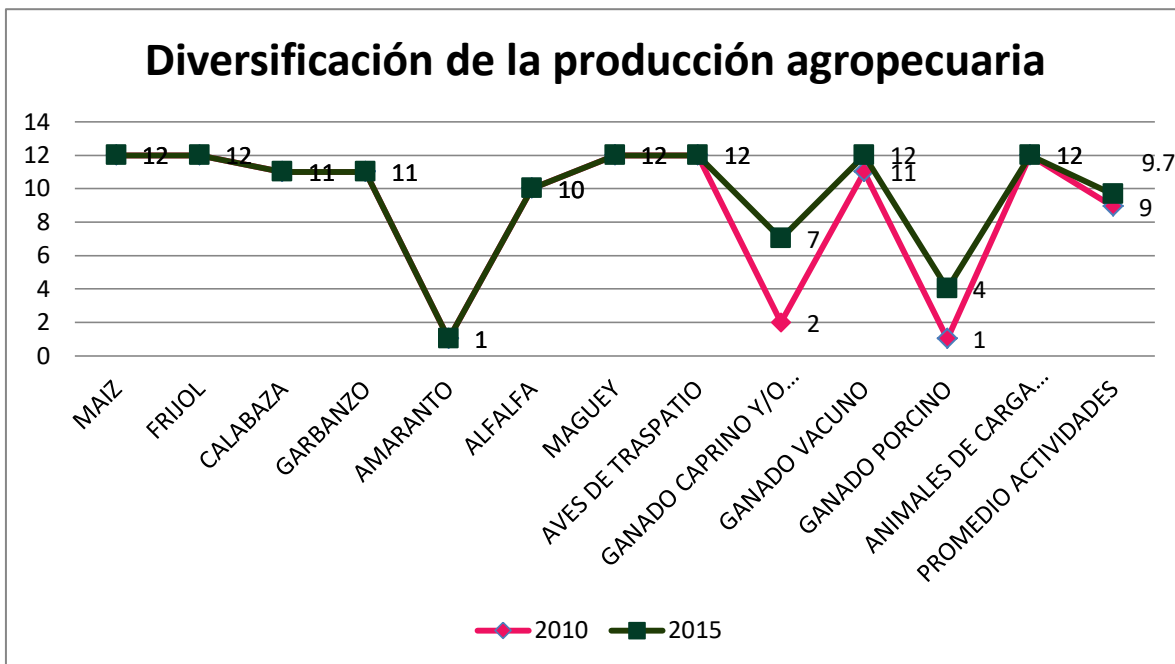


Figura 17. Número de actividades agropecuarias desarrolladas en el sistema maguey-mezcal

3.8.7 Productores que diversifican las actividades

Las actividades desarrolladas en total fueron siete, realizando en promedio 4.27 actividades por productor, el trabajo en campo y la producción de mezcal siguen siendo la base de todas las acciones.

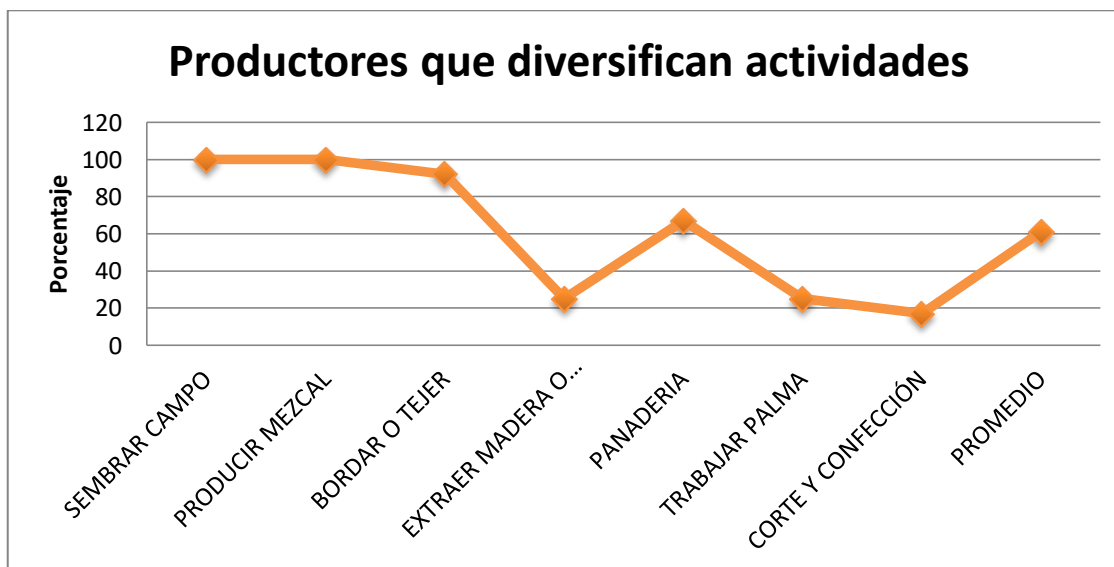


Figura 18. Diversificación de actividades productivas en el sistema maguey-mezcal

3.8.8 Grado de democratización

Las actividades desarrolladas en el agroecosistema están determinadas en el núcleo familiar por la toma de decisiones que realizan en la misma es la clave del éxito del funcionamiento de todo su AE, para el año 2010 existió una participación en la toma de decisiones del 61% de la familia, y del 72% para el año 2015 lo que indica que al menos la mitad de los integrantes de las UPF's forman parte de las decisiones que se toman

Tabla 15. Participación en la toma de decisiones en el núcleo familiar

	Grado de democratización											
	Productor											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2010	3	2	3	2	2	1	3	2	2	2	2	2
%	100	66.7	100	66.7	66.7	33.3	100	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7
2015	2	2	2	1	2	1	3	2	2	2	1	2
%	66.7	66.7	66.7	33.3	66.7	33.3	100	66.7	66.7	66.7	33.3	66.7

Se consideró una escala de clasificación de 1=No existe participación en la toma de acuerdos (sólo un miembro toma las decisiones y no consulta a la familia) 2= La mitad de los integrantes de la familia participan y 3= Todos participan en los acuerdos

3.8.9 Derechos de propiedad reconocidos

Los derechos de propiedad en el municipio siguen basados en 3 ejes principales: derechos de transferencia, de control y uso, sin embargo es en año 2015 cuando en las localidades que presentan núcleo independiente (San Sebastián de las Grutas y representación comunal (San Juan Bautista) se han generado un impuesto sobre el uso de algunos recursos como la leña, en el cual se permite solamente la extracción de un árbol seco, plagado o viejo para un fin productivo-económico. Existe un mayor control y vigilancia hacia los habitantes que se dedican a la producción de mezcal, restringiendo la extracción de maguey tobalá (caso de San Sebastián de las Grutas). Por tanto, para el año 2010 corresponde un 100% de derechos reconocidos reduciéndose a un 90.3% para el 2015 debido a lo antes expuesto.

Tabla 16. Derechos de propiedad reconocidos en el sistema productivo maguey-mezcal 2010 y 2015

		Productor											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015		3	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	3	2.5	3
	%	100	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	100	100	100	83.3	100
2010		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Se analiza asignándole una escala de valor a la sumatoria de las variables: derechos de transferencia, derechos de control y derechos de uso 1= presencia de una sola variable 2= presencia de dos variables 3= presencia de todas las variables

3.8.10 Autoabastecimiento de materia prima

El autoabastecimiento de materia prima en la producción, es importante para evitar dependencias de agentes externos en el agroecosistema. Respecto este indicador, se consideró la información recabada en las encuestas a los productores de mezcal, en la cual se expresó el porcentaje de materia prima propia con que cuenta el productor, los resultados entre ambos años se muestran en la figura siguiente:

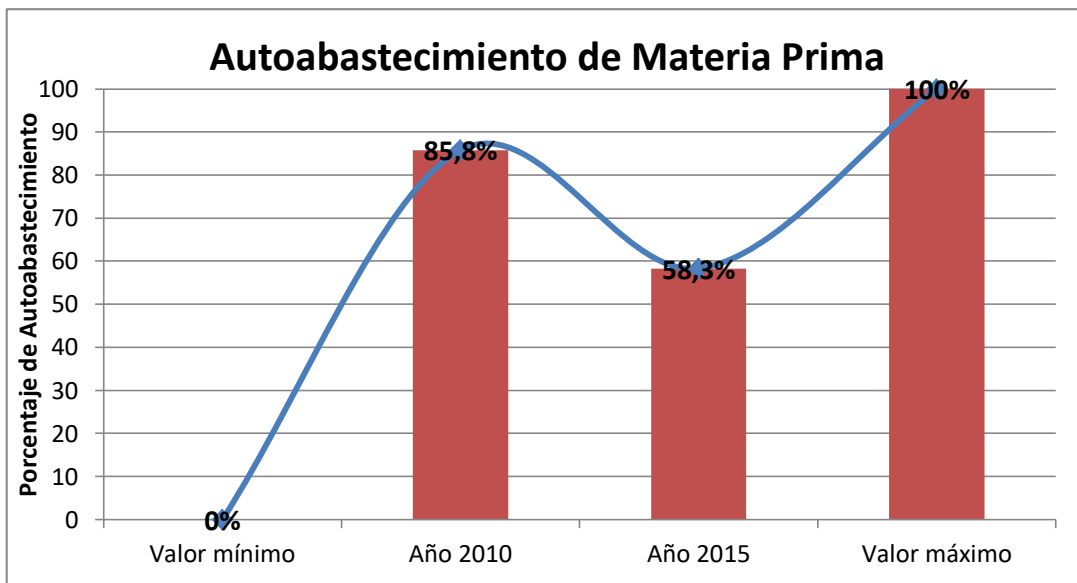


Figura 19. Porcentaje de autoabastecimiento de materia prima

Para este indicador, se estableció como valor mínimo cero por ciento de materia prima propia en la producción (0%) y como valor máximo 100 por ciento (100%). En 2010 el agroecosistema presentó un 85,8% de autoabasto de materia prima, sin embargo, derivado de la alta demanda de mezcal en 2015, el agroecosistema disminuyó el porcentaje de autoabasto de materia prima a 58,3%. La estrategia que han comenzado a realizar los productores de mezcal es establecer pequeños viveros familiares que permitan abastecerse de materia prima, sin embargo es una acción que se verá reflejada al mediano y largo plazo.

3.8.11 Manejo de plagas y enfermedades en maguey

En México el manejo de cultivos se ha sustentado en el suministro permanente de insumos externos y para el caso del combate de plagas la única opción "viable" ha sido recurrir al uso sistemático de los plaguicidas de síntesis química. Éstas aplicaciones de agroquímicos han generado problemas colaterales que en un principio probablemente no se tenían previstos (Bahena, 2007).

Rivas 2007 menciona que los esquemas de producción agrícola basado en la dependencia tecnológica de variedades de alto rendimiento y el uso de agroquímicos han ocasionado una serie de desbalances en los agroecosistemas, que han conllevado a una fragilidad del mismo, por tanto se vuelven susceptibles a la presencia de organismos plaga que han

proliferado ante la eliminación de sus enemigos naturales o la facilitación de condiciones óptimas para su desarrollo y potencial presencia expresada por daños mecánicos a la planta o elevada incidencia de un organismo plaga.

Con base en lo anterior el desarrollo de una agricultura con un manejo agroecológico de plagas se presenta como una alternativa basado en técnicas que disminuyan y sustituyan paulatinamente el uso de insecticidas químicos (insumos externos) por métodos de control biológico y/o etológico, control cultural, la regulación de poblaciones plagas sin llegar a eliminarlas, restaurando la biodiversidad funcional y las poblaciones de enemigos naturales, generando un manejo del agroecosistema que tienda hacia la sustentabilidad.

Una de las plagas con mayor importancia en plantaciones de agave de acuerdo a Rubio *et al* 2011 es el picudo *Scyphophorus acupunctatus* que a su vez se convierte en vector de la enfermedad pudrición del cogollo (*Erwinia carotovora*) debido a que está presente a lo largo de todo el año, y es capaz de atacar plantas de cualquier edad. Es posible que se mueva como huevecillo o larva en los hijuelos hacia nuevas plantaciones, o bien que se mueva volando para colonizar nuevas zonas.

En el municipio los productores identificaron como las plagas más importantes a *Scyphophorus acupunctatus* (picudo del maguey), *Strategus aloeus* L. (escarabajo rinoceronte o toro), *Acutaspis agavis* (escama armada) así como las enfermedades presentes fueron: *Erwinia carotovora* (pudrición del cogollo) y *Capnodium spp* (fumagina); se hace referencia a las plagas y enfermedades sin embargo no se realizó un estudio a profundidad que evalúe la incidencia de las mismas en parcelas de agave ya que el objetivo de la investigación fue identificar y evaluar las acciones de manejo sustentable que realizan los productores en el municipio; Espinosa *et al* 2005 determinan la incidencia de plagas del picudo del maguey y el escarabajo rinoceronte con densidades poblacionales bajas, en un estudio donde se cuantificaron los daños ocasionados por las plagas antes mencionadas las localidades de San Miguel Sola y Gulerá pertenecientes al municipio de Villa Sola de Vega presentaron porcentajes de daño de 1.8 y 2.0 respectivamente a alturas de 1500 msnm y con edades de plantación en parcelas de agave de 6 años.

Aquino *et al* 2007, 2010 y Espinosa *et al* 2005 hacen referencia a zonas de mayor riesgo las que se ubican por debajo de los 1000 msnm y con temperaturas promedio anual de 25°C o

mayores, zonas de riesgo mediano las que se sitúan entre los 1000 y 1500 con temperaturas entre 20°C y 24°C; zonas de bajo riesgo al ataque del picudo del maguey, las que se encuentran por arriba de los 1500 msnm y temperatura promedio anual menor a los 20°C.

Con base en la información colectada en las encuestas realizadas se usó una valoración según el tipo de técnica de manejo para el control de plagas y enfermedades como lo sugiere Moreno *et al*, 2011, ésta valoración se construyó para integrar un Índice de Manejo Sustentable del Agroecosistema (IMSA) en agave azul (*Agave tequilana* Weber).

La valoración consistió en reconocer todas las actividades desarrolladas por los productores que ayuden en el control de las plagas y enfermedades presentes en los cultivos de agave, describiendo cuatro acciones generales: manejo químico, manejo integrado químico y/o biológico o manual, manejo orgánico: manual y/o biológico y sin manejo: sin presencia de plagas o enfermedades; a cada uno de ellos se les asignó un valor en relación a la técnica utilizada, en el caso del manejo químico fue el de menor valor (1) debido a que forma parte de un insumo externo, presenta efectos negativos a la salud humana y contaminación al medio ambiente, no se le asigna un valor igual a (0) ya que colabora a incrementar la productividad del agroecosistema.

El manejo orgánico generó valores de 3 ya que se considera que este manejo tiene menores efectos al medio ambiente y a la salud humana, el manejo integrado: químico-biológico o manual su valor fue de 2. El máximo valor fue de 4 y se le asignó a parcelas que no fue necesario aplicar algún manejo porque no existió ningún riesgo por plagas o enfermedades. La valoración se resume en la tabla que a continuación se presenta:

Tabla 17. Escala de asignación de valor

Valoración en el manejo de plagas y enfermedades en parcelas de agave
BAJO=1 (25%)
MEDIO=2 (50%)
ALTO =3 (75%)
ÓPTIMO=4 (100%)

Los resultados obtenidos para el año 2010 indican que el 58.3% de los productores encuestados realizan manejo químico de sus parcelas mediante la aplicación de algunos productos como: Paratión metílico (folidol), Carbofurán (Furadán), Lamda-Cyhalothrina (Karate) y malathion (malathion) para control de plagas, para las enfermedades que se presentaron usaron óxido de calcio (cal viva), Captán (N-triclorometiltio-4-ciclohexeno-1,2-dicarboximida) y nuevamente folidol; en cuanto al control de malezas el glifosato (Faena y coloso) fue el más usado cuando la planta presenta una edad de 3 a 4 años, usarlo antes daña o mata la planta y aplicarla después se vuelve innecesario ya que la planta con mucho mayor porte (altura y diámetro) que los arvenses no presenta afectaciones. Cabe mencionar que la aplicación de dichos productos se realiza sin restricción alguna, sin las medidas preventivas y de protección adecuadas para la manipulación de los mismos.

El 33.3% de los productores realizan un manejo integrado es decir, realizan actividades complementarias entre control químico y manual, no realizan control biológico debido al desconocimiento de las técnicas y métodos que podían realizar en el control de plagas. Los productos químicos usados siguen siendo el folidol, furadán, karate, malathion, captán, cal viva y el glifosato. Las actividades culturales o manuales realizadas son: deshierbe en los primeros dos años de la plantación, sólo alrededor de la planta dejando un cajete de aproximadamente 10 cm; poda de pencas viejas y/o enfermas; separación de plantas madre e hijuelos para un arreglo topológico. Sólo el 8.3% (un productor) no presentó plagas ni enfermedades en sus parcelas; el manejo orgánico no fue realizado por ningún productor.

Tabla 18. Manejo de plagas y enfermedades 2010

Manejo	Productor											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a		1	1	1	1	1		1		1		
b	2						2		2			2
c												
d											4	
%	50	25	25	25	25	25	50	25	50	25	100	50

a: Manejo químico, b: manejo integrado (químico y/o biológico o manual), c: manejo orgánico (manual o biológico), d: sin presencia de plagas o enfermedades

En el año 2015 el 50% de los productores controlaron las plagas y enfermedades mediante la aplicación de algún producto químico que en años anteriores ya usaban: folidol, furadán,

karate, malathion, captán, cal viva, glifosato, el sulfato de cobre pentahidratado también fue aplicado; el 41.7% de los encuestados realizaron actividades conjuntas de manejo integrado, incluyendo el control biológico mediante aplicación de esporas de *beauveria bassiana* en camas de crecimiento para control de larvas de picudo de maguey; sólo un productor (8.3%) sigue manteniendo en sus cultivos una valoración de sin presencia de plagas o enfermedades, el manejo orgánico sigue sin realizarse .

Cabe resaltar que en ambos años de evaluación los productores encuestados han realizado actividades en parcelas de maguey como en parcelas de cultivo de granos básicos actividades como: asociación, rotación e intercalado de cultivos, nutrición de suelo mediante abono de ganado, lo anterior se puede confirmar con el índice de agrobiodiversidad estimado; por tanto, los resultados obtenidos para ambos año reflejan acciones preventivas que realizaron en parcelas de maguey, se observó por parte de los productores un desconocimiento del manejo de sus parcelas ya que el daño por plagas y enfermedades la bibliografía consultada lo marca en una región con incidencia de bajo riesgo.

Tabla 19. Manejo de plagas y enfermedades 2015

Manejo	Productor											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a			1	1	1	1		1		1		
b	2	2					2		2			2
c												
d											4	
%	50	50	25	25	25	25	50	25	50	25	100	50

a: Manejo químico, b: manejo integrado (químico y/o biológico o manual), c: manejo orgánico (manual o biológico), d: sin presencia de plagas o enfermedades

3.8.12 Índice de Shannon en parcelas de Maguey

Para el presente estudio, se utilizó en índice de Shannon Estandarizado, que es uno de los índices más utilizados para medir biodiversidad y permite la comparación entre sistemas diferentes. Este índice se representa normalmente como $H'St$. Este índice que se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Siendo el 5 el valor máximo; sin embargo, hay ecosistemas excepcionalmente ricos que

pueden superarlo, para estandarizarlo se dividió el valor del índice entre el máximo valor que pudiera obtener en el agroecosistema, suponiendo que todas las especies se expresan con el mismo número de individuos, como lo realizó Griffon (2009).

En Sola de Vega se encontraron más de 20 variedades de agaves empleados para elaborar mezcal, sin embargo para calcular el índice de Shannon, se agruparon las variedades en 12 especies. El estandarizar el índice permitió que el valor mínimo sea de 0 y el máximo de 1. Los valores máximo y mínimo se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 20. Índice de Shannon para parcelas de agave

	Valor 2010	Valor 2015
Índice de Shannon Clásico	1.18	1.17
Índice Shannon Estandarizado	0.470	0.487
Valor Mínimo del Índice	0.00	0.00
Valor Máximo Índice Shannon Clásico	2.48	2.40
Valor Máximo Índice Shannon Estandarizado	1.00	1.00

Como se puede apreciar, el índice de Shannon clásico es mayor en 2010, año en que se cultivaban 11 especies distintas de agave para producir mezcal, en 2015 se incorpora una nueva especie al cultivo (*Agave potatorum*), sin embargo al estandarizar el índice la brecha menor entre los valores máximo y del índice clásico, proporcionan un valor mayor para el índice de Shannon Estandarizado en 2015. Aunque el cambio ha sido minúsculo, vale la pena resaltar que los productores siguen conservando las especies de agave que han cultivado por generaciones, pero ahora los productores se comienzan a especializar por las especies o variedades que les exige el mercado, situación que a largo plazo puede ser riesgosa para mantener la riqueza biológica del género con que cuenta el municipio.

3.8.13 Índice de agrobiodiversidad

A pesar de la importancia que tienen las interacciones en el análisis agroecológico, son pocas las herramientas prácticas de las que dispone el agroecólogo para evaluar las interacciones a la hora de enfrentar una situación real (Griffon, 2008). Esta carestía de

herramientas, en muchos casos obliga a utilizar instrumentos que no son acordes con el marco teórico de esta ciencia. La carencia de herramientas acordes con los fundamentos teóricos de la agroecología, se puede apreciar en el siguiente ejemplo: un principio fundamental de la agroecología postula que: “se debe aumentar la biodiversidad del agroecosistema” (Altieri y Nicholls, 2000). Por lo tanto, uno de los primeros pasos que debe efectuar el agroecólogo en la evaluación de un agroecosistema, es estimar la biodiversidad. Las herramientas clásicas para realizar un análisis de esta naturaleza son los índices de biodiversidad, sin embargo, el uso de estos índices nos pudiese llevar a importantes errores.

Ante ello Griffon (2008), desarrolla un índice de estimación de la agrobiodiversidad, el cuál toma en cuenta, como la mayoría de los índices clásicos, la abundancia y riqueza de elementos en el sistema, pero además considera el número de relaciones entre los elementos, así como la redundancia de estas relaciones. Para el cálculo del índice que Griffon propone, es imprescindible establecer cuáles son las relaciones entre los componentes de la agrobiodiversidad. De esta manera se puede representar el sistema como un todo en forma de grafico. También se debe recopilar la información que toman en cuenta los índices tradicionales, es decir: el número de clases observadas (S) y el tamaño de cada clase (Ni). El objetivo de este índice, es según Griffon (2008), no desconocer las virtudes de los índices tradicionales, el objetivo es intentar ajustar la estimación de la agrobiodiversidad al marco conceptual propio de la agroecología. Este índice toma en cuenta tanto el número de especies, como la equidad en su distribución. Esto se lleva a cabo considerando en su estructura, el valor obtenido mediante el empleo de alguno de los índices clásicos, aportando además el número de relaciones entre los elementos del agroecosistema y la redundancia de estas interacciones.

El índice que Griffon propone, esta compuesto por tres medidas diferentes:

- a) Una primera medida, resultante de la aplicación de alguno de los índices clásicos de biodiversidad (Shannon estandarizado: $H'_{St} = \frac{H}{H_{max}}$; donde H'_{St} es el valor del índice de Shannon estandarizado, H' es el valor observado del índice y H'_{max} representa el valor máximo del índice, es decir el valor del índice en un sistema compuesto por igual número de clases, en el que todas las clases presenten igual frecuencia.

- b) Una segunda medida, que brinda información sobre el número de vínculos presentes en el sistema, siendo una medida idónea para ello es la densidad (D ; $D = \frac{V_o}{V_{max}}$; donde V_o es el número de vínculos observado y V_{max} es el número de vínculos en un grafo completo con igual número de nodos.
- c) Una tercera medida, que estima el grado de redundancia en el sistema. La redundancia del sistema puede ser estimada a través del coeficiente de agrupamiento (C). Esta medida está relacionada con la presencia de bucles o ciclos cortos dentro del sistema. El coeficiente de agrupamiento representa una medida de la redundancia en el sistema y de la posible presencia de retroalimentación, por lo cual está posiblemente relacionada con la homeostasis del sistema. Una definición de este índice es (Costa et al. 2007): $C = \frac{3N\Delta}{N^3}$; donde $N\Delta$ es el número de triángulos en el grafo y N^3 es el número de tripletas conectadas.

El índice que Griffon propone (I_{Agro}), está determinado por una ecuación lineal aditiva que agrupa cada uno de los componentes de la siguiente forma:

$$I_{agro} = H'_{st} + D + C$$

Dado que todos los componentes del índice están estandarizados (su máximo valor es 1), el máximo valor del índice es 3.

Como una manera de demostrar las ventajas que pudiese tener la utilización de este índice, Griffon compara el desempeño de I_{agro} con el Índice de Shannon Estandarizado, en dos situaciones hipotéticas de campo, pensando en la estimación de la biodiversidad en dos predios agrícolas, bajo los siguientes supuestos:

- a) Ambos predios son iguales en cuanto a los rubros explotados
- b) Solo difieren en el manejo.

En específico para Sola de Vega, se compara el mismo agroecosistema en los años 2010 y 2015, considerando todas las especies animales y vegetales que interactúan en el agroecosistema. La tabla siguiente muestra que para 2010 hay 28 especies y para 2015 30.

Tabla 21. Especies que integran en agroecosistema maguey

	Especies 2015	Especies 2010
1	Maiz	Maiz
2	Frijol	Frijol
3	Calabaza	Calabaza
4	Amaranto	Amaranto
5	Garbanzo	Garbanzo
6	Pasto	Pasto
7	Alfalfa	Alfalfa
8	Caña	Caña
9	Chile	Pinus sp
10	Aguacate	Quercus sp
11	Pinus sp	Juniperus sp
12	Quercus sp	Yunta
13	Juniperus sp	Chivo
14	Yunta	Borrego
15	Chivo	Vaca
16	Borrego	Animales de carga (burro y mula)
17	Venado	Maguey Arroqueño (Agave americana ssp oaxacensis)
18	Vaca	Maguey Coyote (Agave americana L.)
19	Animales de carga (burro y mula)	Maguey Espadín (Agave angustifolia)

Continuación **Tabla 21...**

20	Maguey Arroqueño (<i>Agave americana</i> ssp <i>oaxacensis</i>)	Maguey Mexicano (<i>Agave rhodacantha</i>)
21	Maguey Coyote (<i>Agave americana</i> L.)	Mexicano Reyisto (<i>Agave</i> aff. <i>rhodacantha</i>)
22	Maguey Espadín (<i>Agave angustifolia</i>)	Maguey de Pita (<i>Agave</i> sp)
23	Maguey Mexicano (<i>Agave rhodacantha</i>)	Maguey Verde (<i>Agave</i> sp)
24	Maguey de Pita (<i>Agave</i> sp)	Maguey Chino (<i>Agave</i> sp)
25	Maguey Verde (<i>Agave</i> sp)	Maguey Sierra Negra (<i>Agave americana</i> ssp <i>americana</i>)
26	Maguey Chino (<i>Agave</i> sp)	Maguey Tobasiche (<i>Agave karwinskii</i>)
27	Maguey Sierra Negra (<i>Agave americana</i> ssp <i>americana</i>)	Maguey Barril (<i>Agave</i> aff <i>karwinskii</i>)
28	Maguey Tobasiche (<i>Agave karwinskii</i>)	Maguey Tosalá (<i>Agave potatorum</i>)
29	Maguey Barril (<i>Agave</i> aff <i>karwinskii</i>)	
30	Maguey Tosalá (<i>Agave potatorum</i>)	
Total	30	28

Una vez identificadas las especies que interactúan en el agroecosistema, se realizó un análisis de redes con el software UCINET, donde se estimó la densidad y coeficiente de agrupamiento de los grafos.

Tabla 22. Datos usados para la elaboración del índice de Agroecosistemas

	2010	2015
Índice de Shannon Estandarizado	0.307	0.31425
Densidad del sistema	0.599	0.608
Coeficiente de agrupación	0.554	0.556
Índice Agroecológico	1.46	1.48

Existe un ligero aumento en la agrobiodiversidad, derivado del aumento de la diversidad de agaves cultivadas y las mejores prácticas de manejo adoptadas por los productores de mezcal. Es importante resaltar que los valores de densidad del sistema y coeficiente de agrupación son elevados, dada la fuerte interacción que se da entre las especies que están en el agroecosistema. Para ambos años se tiene una densidad del 60%, que nos indica que existe un 60% de las posibles interacciones en el agroecosistema, por lo que podemos afirmar una buena integración de los elementos que conforman al agroecosistema. El coeficiente de agrupamiento nos ofrece información complementaria a la densidad. Dos predios pueden presentar valores iguales de densidad, pero diferentes valores de agrupamiento. En agroecología, no solo se está interesado en evaluar la presencia de interacciones, también es importante evaluar la redundancia de estas. Esto quiere decir para el caso del agroecosistema maguey-mezcal en Sola de Vega, que existe un 55% de interacciones indirectas entre las especies para ambos años, es decir especies que no interactúan directamente entre sí, pero que ambas tienen relación con una tercera, a esto se le denomina bucles cortos y estos bucles pueden servir como mecanismos internos de autorregulación y por lo tanto pueden estar relacionados con la homeostasis del sistema (Griffon, 2008).

3.8.14 Ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS)

Se utilizó la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS), para conocer la degradación de los suelos destinados al cultivo de agave. Para ello se tomaron 7 muestras de suelo representativas del municipio en 2015 y elegidas al azar en parcelas de agave. Como referencia se utilizó una muestra de suelo de un área con pendiente promedio del municipio y la vegetación predominante (Bosque de encino). Para iniciar la ecuación, se definió la erosividad del suelo, que para Sola de Vega, de acuerdo al mapa de erosividad mexicana, corresponde a la región V.

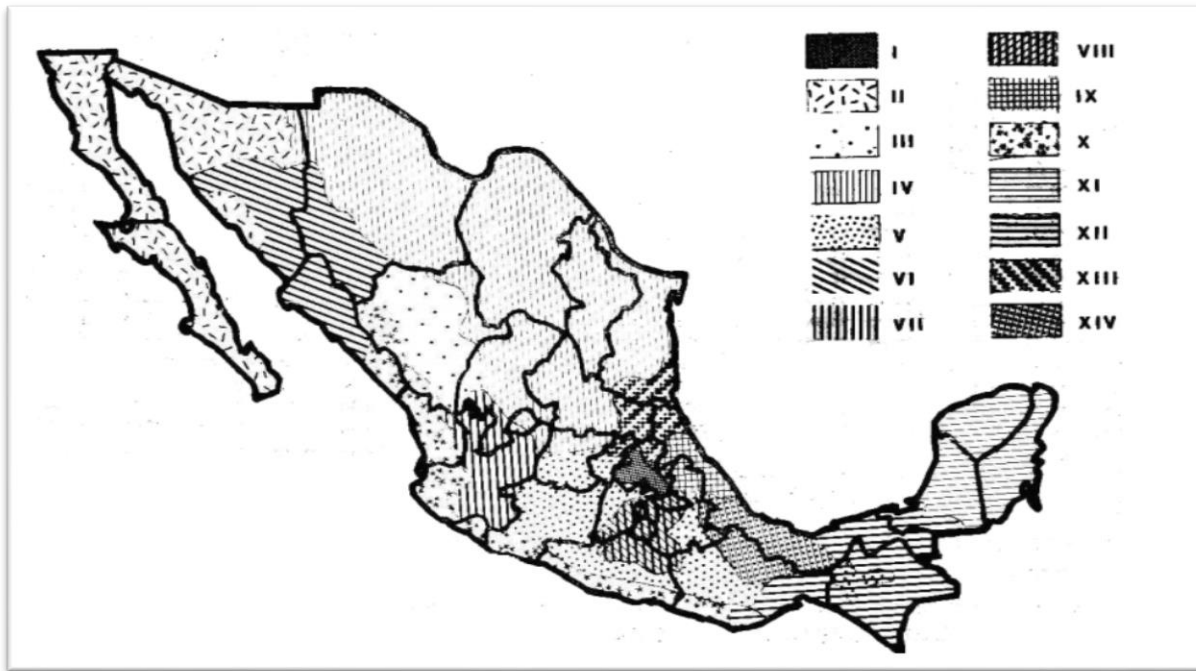


Figura 20.Mapa de erosividad República Mexicana

Una vez definida la región para calcular la erosividad, se utilizó la siguiente ecuación:

$$R = 2.8559P + (0.002983P^2)$$

Dónde:

R=Erosividad

P= Precipitación

La precipitación promedio para Sola de Vega, de acuerdo a la cartografía de CONABIO, 2010 es de 1000 mm anuales, quedando la ecuación de la siguiente manera:

$$R = 2.8559*1000 + (0.002983*1000^2)$$

$$R= 3488.79$$

El siguiente paso fue calcular la erosionabilidad, utilizando los valores de textura de suelo y contenido de materia orgánica de las muestras tomadas en parcela, utilizando como referencia el cuadro siguiente. Para Sola de Vega la erosionabilidad de los suelos (K) se definió en 0.029 para bosque de encino y de .024 para las parcelas de agave.

Textura	% de materia orgánica		
	0.0 – 0.5	0.5 - 2.0	2.0 – 4.0
Arena	0.005	0.003	0.002
Arena fina	0.016	0.014	0.010
Arena muy fina	0.042	0.036	0.028
Arena migajosa	0.012	0.010	0.008
Arena fina migajosa	0.024	0.020	0.016
Arena muy fina migajosa	0.044	0.038	0.030
Migajón arenosa	0.027	0.024	0.019
Migajón arenosa fina	0.035	0.030	0.024
Migajón arenosa muy fina	0.047	0.041	0.033
Migajón	0.038	0.034	0.029
Migajón limoso	0.048	0.042	0.033
Limo	0.060	0.052	0.042
Migajón arcillo arenosa	0.027	0.025	0.021
Migajón arcillosa	0.028	0.025	0.021
Migajón arcillo limosa	0.037	0.032	0.026
Arcillo arenosa	0.014	0.013	0.012
Arcillo limosa	0.025	0.023	0.019
Arcilla	0.013 - .029		

Figura 21. Erosionabilidad de los suelos (K) en función de la textura y el contenido de M.O.

El factor LS de pendiente se definió con la siguiente ecuación:

$$LS = (\lambda)^m (0.0138 + 0.00965 S + 0.00138 S^2)$$

λ = Longitud de pendiente

Pendiente media del

S= terreno

m= parámetro 0.5

Los valores para parcelas de agave para el factor de pendiente, fueron los siguientes: 0.386 para parcelas de agave y de 0.398 para el bosque de encino. Finalmente se estimó la erosión potencial y real quedando de la siguiente manera:

Tabla 23. Estimación de la erosión potencial y real de parcelas de agave y bosque de encino

Erosión Potencial	Tn/ha	Factor de Cultivo	Factor de Protección	Erosión Real (Tn/ha)	Pérdida de lámina de suelo mm/ha
Parcelas de Agave	32.90	0.53	0.71	12.27	1.23
Bosque de Encino	29.23	0.03	0.10	0.09	0.00

La EUPS define que las tasas de pérdida de suelo deben ser iguales o menores a las tasas de formación de suelo (1 a 20 ton/ha anuales o 1 a 20 mm anuales) para que no exista erosión. Sin embargo INIFAP, 2010 menciona como un nivel moderado de erosión para parcelas de agave 12.46 ton/ha, por lo que gracias al manejo campesino de los agaves mezcaleros en Sola de Vega, se puede apreciar una erosión moderada para Sola de Vega, sin embargo deben adoptarse mejores prácticas de manejo del maguey mezcalero. Para el análisis se definió como máximo, el valor mayor de formación de suelo que establece la EUPS que son 20 ton/ha y como valor mínimo 0.

3.8.15 índice de calidad de suelos

Se realizó un análisis físico-químico de suelo en parcelas de agave con una muestra de 7 productores basados en la metodología antes descrita en el apartado 5.1.7.2 “método de muestreo aleatorio simple para el subsistema maguey”; se tomaron muestras de suelo de 7 parcelas de agave pertenecientes a las localidades de: San Juan Bautista, San Sebastián de las Grutas, Gulerá, Sección Cuarta y Rancho Viejo, y se tomó una adicional de un área sin alteraciones por manejo agrícola con características de bosque de encino ubicada en la localidad de San Juan, la cual se usó como referencia para ambos años, debido a que no fue posible tomar muestras en el año 2010 para su monitoreo. Las muestras fueron tomadas en el mes de Octubre, se determinó un área de muestreo al interior de cada parcela de agave a una distancia aproximada de 80 cm de la planta, la profundidad del muestreo fue de 50 cm, se tomó 1 kg de suelo, georreferenciando el sitio de muestreo.

Se colectaron un total de 8 muestras que fueron enviadas al laboratorio “FYPA”, los datos más relevantes usados para el estudio se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 24. Análisis químicos-físicos en parcelas de agave

	Parcela							Promedio Año 2015	Referencia
	1	2	3	4	5	6	7		
M.O.	1.6	2.44	0.75	2.74	3.19	1.74	2.22	2.10	5,88
N	0.087	0.137	0.046	0.151	0.179	0.099	0.112	0.12	0,271
P	5.96	1.13	0.54	0.94	3.32	5.9	1.03	2.69	2,11
K	198.5	118.2	115.1	132.2	121.7	190.6	118.2	142.1	50,7
pH	8.1	8.88	8.02	8.15	8.24	8.18	8	8.22	7.44
CIC	64.56	59.27	21.32	22.8	36.4	64.56	59.11	46.86	30.38

Continuación Tabla 24...										
Da	1.51	1.35	1.79	1.64	1.45	1.35	1.45	1.51	1.53	
Carbonatos totales	13.24	13.24	1	18.75	37.5	1	37.5	38.2	48.75 27.74	37.5

Los suelos evaluados respecto al porcentaje de materia orgánica se clasificaron en extremadamente rico y medio en el año de referencia y año 2015 respectivamente con base en Velasco, 1983 en Vázquez 2009; basados en Moreno, 1978 en Vázquez 2009 el porcentaje de nitrógeno total se determinó como extremadamente rico y medio o mediano para el año de referencia y año 2015 respectivamente; los valores de fósforo se presentan como bajos para el año de referencia y el año de evaluación (CSTPA,1980 en Vázquez 2009); los valores de potasio se interpretaron como pobre y mediano para año de referencia y año 2015 respectivamente (Moreno Dahme,1992 en Vázquez 2009); el pH para ambos años se clasificó como alcalino (Jones y Wolf modificado, 1984 en Vázquez 2009); la Capacidad de Intercambio Catiónico se clasificó como alta y muy alta para el año de referencia y el año 2015.

Respecto a la densidad aparente (DA) del suelo se define como la relación entre la masa de los sólidos y el volumen total que estos ocupan, es decir, se incluye el espacio poroso existente entre las partículas sólidas. Esta propiedad del suelo puede presentar valores extremos. El valor varía de 1.0 g/cm³ en suelos arcillosos, orgánicos y bien estructurados, hasta alrededor de 1.8 g/cm³ en suelos arenosos compactos (Uvalle-Bueno *et al* 2007), para el análisis de fertilidad se presenta como un parámetro importante ya que se relaciona directamente con las prácticas de manejo de suelos y agua, es la característica que en mayor grado influye sobre la productividad de los cultivos debido a su estrecha relación con otras propiedades de los cultivos; cuando la DA del suelo aumenta (> g/cm³) se incrementa la compactación y se afectan las condiciones de retención de humedad, limitando a su vez el crecimiento de las raíces de las plantas (Salamanca *et al* 2005).

Con base en la bibliografía y los resultados obtenidos se estimó una DA para los suelos evaluados con incidencia medianamente alta a la compactación. Siendo un parámetro muy específico se determinó su análisis de manera aislada, es decir, no se ingresó en el índice

de calidad de suelos, ya que las referencias consultadas no determinan un dato óptimo y mínimo para su estandarización.

Respecto a la muestra de suelo usada como referencia para el año 2010 Astier *et al* 2002 menciona que algunos parámetros edáficos tienden a mantenerse en periodos de tiempo prolongados (mayores a 10 años) por lo cual es difícil poder percibir cambios en éstos en el periodo de evaluación, es el caso de la textura que requiere más de 1000 años para observar un cambio, o bien de la densidad aparente que requiere menos de 10 años. Con base en lo anterior el uso de una referencia de un suelo sin alteraciones nos ayuda a entender la dinámica que se presenta en el manejo de los suelos y como éstas inciden en su fertilidad.

Para su análisis e incorporación con los otros 17 indicadores a evaluar se determinó el uso de 5 parámetros edáficos: porcentaje de materia orgánica, porcentaje de nitrógeno total, Fósforo y Capacidad de intercambio catiónico; para que éstos valores se reflejaran en un dato representativo, se estandarizaron las unidades mediante la metodología propuesta por el MESMIS para su homogenización en su apartado 5.5.1, obteniendo los resultados de: 77.8% para el año de referencia o 2010 y 62.2% para el año 2015.

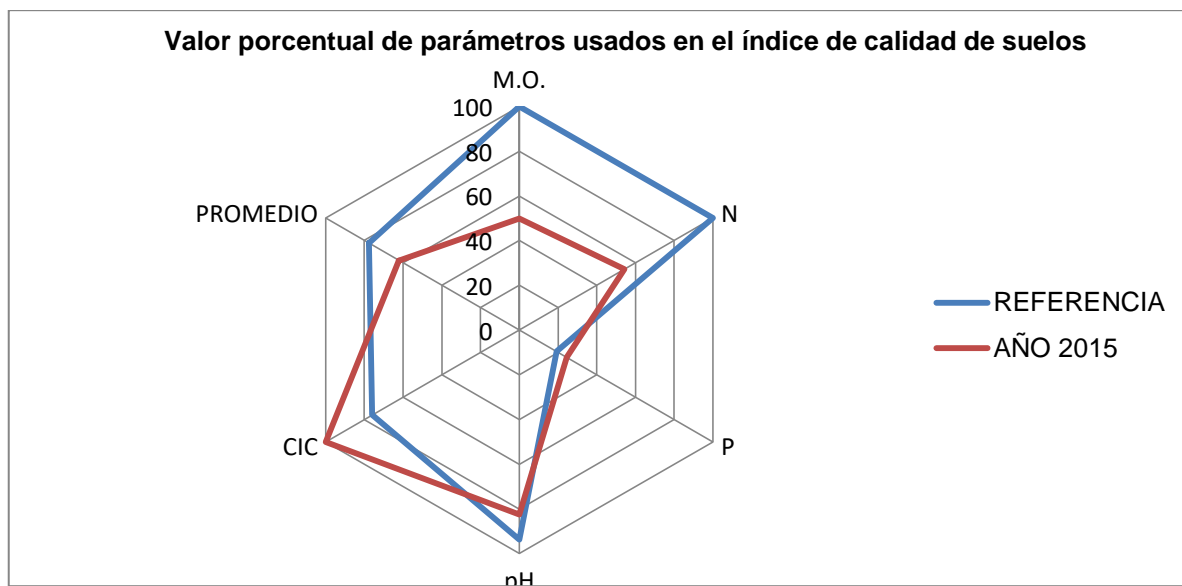


Figura 22. Valor porcentual de los parámetros usados en el índice de calidad de suelos

3.8.16 Índice de desempeño ambiental en la producción de mezcal

Vásquez 2008 indica que el desempeño ambiental es la capacidad de una empresa para incorporarse en una dinámica de mejora continua que tienda a reducir los impactos que la producción de mezcal le ocasiona al medio ambiente sin comprometer la productividad de la fábrica; para su evaluación y monitoreo Vásquez 2008 define 7 indicadores base:

- I. Reducción en el uso de energía
- II. Reducción en la generación de residuos y/o sustancias tóxicas
- III. Reducción en el uso de materiales
- IV. Implementación de reciclaje
- V. Implementación del reciclaje
- VI. Maximización en el uso de energías renovables
- VII. Extensión de la durabilidad del producto
- VIII. Incremento en la intensidad del servicio

El autor basado en Viebahn, 2002 describe indicadores específicos de desempeño ambiental para pequeñas y medianas empresas que se describen a continuación:

- I. Consumo de energía
- II. Consumo de agua
- III. Generación de agua sucia
- IV. Generación de materiales
- V. Generación de basura o desechos

Con base en lo anterior se realizó una clasificación de las actividades que ayudan o dificultan la reducción del impacto en la producción de mezcal al medio ambiente, incorporando las actividades al indicador correspondiente

- I. Consumo de energía
 - a. Disminución del consumo de leña para el proceso de cocción y destilación
 - b. Disminución de materia prima kg/lit para elaboración de mezcal
- II. Generación de agua sucia
 - a. Disminución en la generación de vinazas

III. Generación de materiales

a. disminución de residuos sólidos kg bagazo/ton maguey

Una vez determinados los parámetros que derivan de los indicadores de desempeño ambiental se procedió a evaluar: 1.- kilogramos consumidos de leña por litro de mezcal obtenido, 2.- kilogramos de materia prima usada para la producción de un litro de mezcal, 3.- kilogramos de bagazo generado por litro de mezcal producido y 4.- litros de vinazas generadas por kilogramos de agave en crudo. Como se puede observar en la siguiente tabla

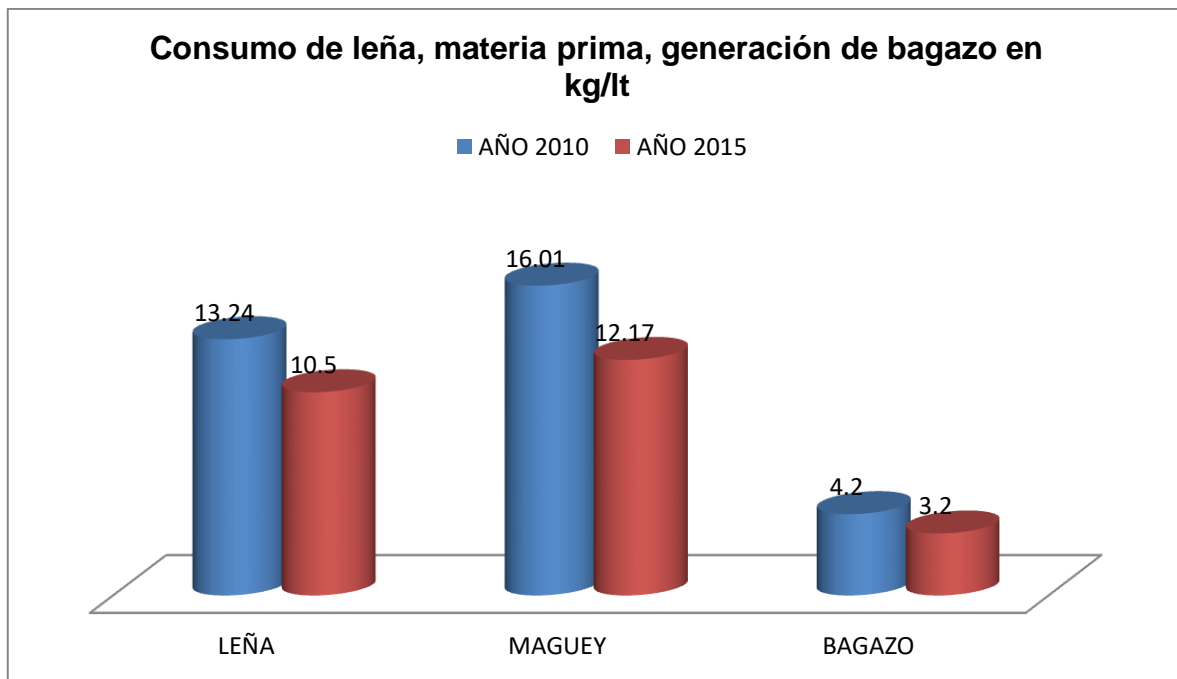


Figura 23. Resultados de los indicadores de desempeño ambiental en la producción de mezcal

La FAO 2005 estima que el consumo de leña en promedio es de 10 kg/lt de mezcal producido, los datos obtenidos en la evaluación se encuentran por arriba del promedio por 3.24 y 0.5 unidades para los años 2010 y 2015 respectivamente; los rendimientos óptimos de maguey esperados para el municipio de Villa Sola de Vega son de 10 kg/lt de mezcal, con base en los datos colectados, para el distrito de Tlacolula y Matatlán son de 7 kg/lt (UACH, 2013), el maguey presentó un aumento en el rendimiento del año 2010 al 2015 de 4kg de maguey por litro de mezcal producido; basados en Morales, 2008 se estimó la producción de bagazo de 273 kg/ton de agave en verde, para el año 2015 la producción de bagazo disminuyó 1kg/lt de mezcal producido respecto al año 2010.

Tabla 25. Indicador: disminución de agua sucia

GENERACIÓN DE VINAZAS		
AÑO	2010	2015
LT/KG MAGUEY	0.82	1.07

La generación de residuos líquidos como lo es las vinazas presentó una relación directa con la producción, a mayor producción y mayores rendimientos la generación de vinazas tiende al aumento; Morales 2008, Colunga *et al* 2007 en Vásquez 2008, Rincón *et al* 2011 y Robles-González 2009 mencionan una producción de vinazas entre los 6-15 lt por litro de mezcal, con base en la bibliografía consultada se estimó un promedio para el municipio de Villa Sola de Vega de 12.6 litros de vinaza/litro de mezcal obtenido. Los resultados de la evaluación mostraron un incremento en la producción de vinazas del año 2010 al 2015, debido a que los rendimientos de mezcal mejoraron en el segundo año de evaluación, éste fue el único indicador con tendencia al aumento y no a la reducción; una característica fundamental que no se observó en los palenques fue la realización de tratamientos primarios en vinazas para la disminución de cargas contaminantes previos a su desecho.

El análisis de los indicadores se realizó de manera individual, sin embargo para la construcción del índice de desempeño ambiental en la producción de mezcal se usó la metodología propuesta por el MESMIS en el apartado 5.5.1 para su estandarización de las variables evaluadas, los resultados fueron: una valoración de 2.50 y 3.50 para los años 2010 y 2015 respectivamente.

3.8.17 Índice de intervención institucional

El índice de intervención institucional ofrece información sobre los programas que ofrecen las políticas públicas o privadas y que son susceptibles de apoyar a los productores, en aspectos de asistencia técnica, apoyo a la producción y apoyo a la comercialización. Se basa en el supuesto de que a más apoyos, mayores beneficios. La figura siguiente muestra el porcentaje de productores de mezcal con acceso a programas institucionales en el municipio de Villa Sola de Vega.

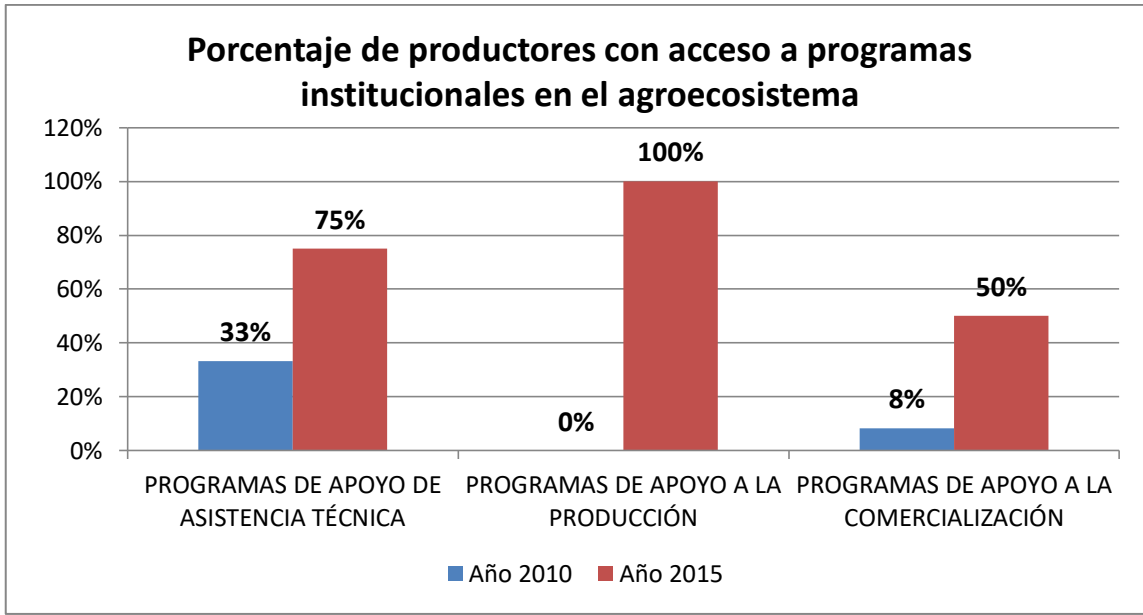


Figura 24. Porcentaje de productores con acceso a programas institucionales

En el año 2010, solamente había un 33 % de productores con apoyo de asistencia técnica, esta se incrementó en un 100% para el año 2015, este cambio ha sido vital para la gestión de otro tipo de apoyos y canalizarlos hacia los productores del municipio. En el cuadro siguiente se muestran los valores del índice de intervención institucional.

Tabla 26. Valores del índice de intervención institucional

Año	Valor mínimo	Valor obtenido	Valor máximo
2010	0%	13,83%	100%
2015	0%	75,20%	100%

El valor del índice para el año 2010 es bajo, en 2015 el valor se incrementó en un 544%. Este incremento se ha generado por la cantidad de apoyos y/o programas enfocados a impulsar la cadena productiva, un factor determinante como ya se mencionó anteriormente han sido los programas de asistencia técnica, que han generado un efecto cascada, en el cual a través de la asistencia técnica especializada en la cadena productiva, ha generado gestión de programas y apoyos, principalmente apoyos a la producción (equipamiento e infraestructura) y comercialización (apoyos a la certificación).

3.8.18 Presentación e integración de resultados en tabla para estandarización de indicadores para la evaluación del sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010-2015

En éste apartado se resumieron e integraron los resultados obtenidos mediante la medición de los indicadores. Ésta fue la fase de síntesis, cuyo propósito fue estandarizar las variables evaluadas para poder emitir un juicio de valor sobre los sistemas de manejo analizados. La tabla siguiente presenta los resultados de los indicadores monitoreados (cuantitativos y cualitativos) con sus respectivos valores, los cuáles se convirtieron en un índice (en porcentaje) que tiene un valor óptimo o mínimo como valor de referencia. La valoración para alcanzar la sustentabilidad se presenta de la siguiente manera: valores de 0 a 20% se establecen en un nivel nulo, de 21 a 40% bajo, de 41 a 60% medio, de 61-80% alto y de 81-100% ideal u óptimo.

Como se puede apreciar en la gráfica ameba siguiente el sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010 presenta 10 indicadores que se encuentran por arriba del 60% de aproximación a una ponderación de tipo alto, de igual manera se presenta el año 2015 con 10 indicadores que se encuentran por arriba del 60% teniendo una alta probabilidad de alcanzar la sustentabilidad; cabe mencionar que si bien ambos sistemas presentan el mismo número de indicadores con valores altos, no son los mismos indicadores. Los indicadores peor evaluados para 2010 fueron: la relación beneficio/costo y el índice de intervención institucional menores al 21% estableciendo una valoración de tipo nulo; para el año 2015 los indicadores con nulas posibilidades de alcanzar la sustentabilidad no existen, la pérdida de suelo se presenta como un indicador en un nivel de tipo bajo con un porcentaje del 39%, los 17 indicadores restantes se presentan desde niveles de tipo medio con valores arriba del 41%.

Los indicadores mejor evaluados para el año 2010: derechos de propiedad reconocidos y pérdida de suelos con una ponderación del 100% óptima o ideal; los indicadores mejor evaluados para el año 2015 fué la Relación beneficio/costo alcanzando una ponderación del 100%.

Tabla 27. Integración y estandarización de resultados de la evaluación del sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010 y 2015

INDICADOR	UNIDADES	DIRECCIÓN DE CAMBIO	SIST. M-M 2010	SIST. M-M 2015	V min	V max	2010	2015	ÓPTIMO
COSTOS PRODUCTIVOS TOTALES	\$/AÑO	MIN	\$54,564.04	\$83,658.7	\$50,072.4	\$111,317.3	93	45	100.0
RENDIMIENTO GRANOS BÁSICOS	KG/AÑO	MAX	2287.1	2028.6	1249.7	2759.2	69	52	100.0
RENDIMIENTO MEZCAL	LT/TON	MAX	64.9	85.2	50.0	100.0	30	70	100.0
RENDIMIENTO MAGUEY EN PARCELA	TON/HA	MAX	10.9	11.4	3.0	15.23	64	69	100.0
RELACIÓN B/C SIST. M-M	COEFICIENTE	MAX	0.76	1.3	1.0	1.3	20	100	100.0
DIVERSIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	%	MAX	9.7	9.0	1.0	12.0	81	75	100.0
No. ACTIVIDADES DESARROLLADAS	%	MAX	4.25	4.25	1.0	8.0	53	53	100.0
GRADO DE AUTOSUFICIENCIA ALIMENTARIA	%	MAX	82.6	75.8	0.0	100.0	83	76	100.0
GRADO DE DEMOCRATIZACIÓN	%	MAX	61.0	72.2	33.3	100.0	61	72	100.0
DERECHOS DE PROPIEDAD RECONOCIDOS	%	MAX	100.0	90.3	33.3	100.0	100	90	100.0
AUTOABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA	%	MAX	85.8	58.3	No aplica	100.0	86	58	100.0
MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN MAGUEY	%	MAX	39.6	41.7	25.0	100.0	40	42	100.0
ÍNDICE DE SHANNON EN PARCELAS DE AGAVE	COEFICIENTE	MAX	0.474	0.487	0.0	1.0	47	49	100.0
ÍNDICE DE AGROBIODIVERSIDAD	COEFICIENTE	MAX	1.46	1.48	0.0	3.0	49	49	100.0
PÉRDIDA DE SUELO	COEFICIENTE	MIN	0.09	12.27	0.0	20.0	100	39	100.0
ÍNDICE DE CALIDAD DE SUELOS	%	MAX	77.80	62.20	0.0	100.0	60	57	100.0
ÍNDICE DE DESEMPEÑO AMBIENTAL EN PRODUCCIÓN DE MEZCAL	%	MAX	2.50	3.50	1.0	5.0	38	63	100.0
ÍNDICE DE INTERVENCIÓN INSTITUCIONAL	%	MAX	13.83	75.20	0.0	100.0	14	75	100.00

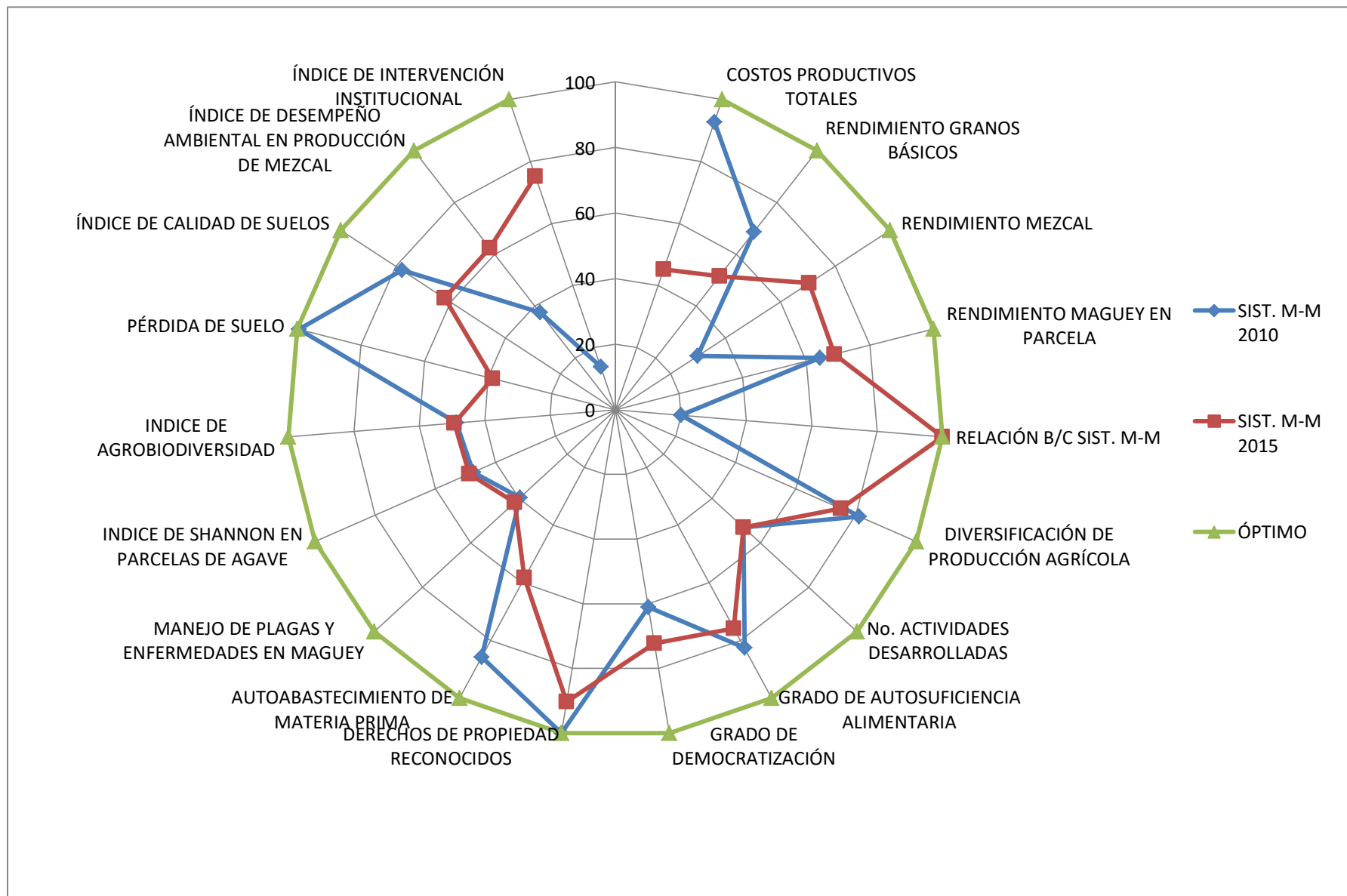


Figura 25. Gráfica AMEBA de la evaluación del sistema productivo maguey-mezcal artesanal 2010-2015

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

Se evaluó el grado de sustentabilidad del sistema productivo maguey-mezcal artesanal mediante el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) en el municipio de Villa Sola de Vega; con base en el análisis de las características presentes de la evaluación en el año 2010 y 2015 se determinó que el sistema productivo maguey-mezcal artesanal se define como un agroecosistema por tanto, la evaluación se puede realizar desde un enfoque de agroecosistema.

Se caracterizó al sistema productivo maguey-mezcal artesanal en el Municipio de Villa Sola de Vega en los años 2010 y 2015 estructurando un diagrama de flujo que indican entradas, salidas, interacciones dentro y fuera, flujos de energía y los subsistemas que lo componen; se generó un esquema llamado “Transecto Agroecológico del sistema productivo maguey-mezcal artesanal” donde se esquematizaron las actividades desarrolladas a lo largo de un gradiente altitudinal.

Se identificaron 17 variables o indicadores principales asociados a la sustentabilidad por medio de diagnósticos, talleres participativos, muestreo en suelos, así como de la colecta de datos en campo mediante entrevistas semiestructuradas y encuestas basadas en el monitoreo de los indicadores; las variables fueron las siguientes: Costos productivos totales, rendimiento de granos básicos, rendimiento de mezcal, rendimiento de maguey en parcela, relación B/C del sistema productivo maguey-mezcal artesanal, diversificación de producción agrícola, número de actividades desarrolladas en las UPF, grado de autosuficiencia alimentaria, grado de democratización, derechos de propiedad reconocidos, autoabastecimiento de materia prima, manejo de plagas y enfermedades en maguey, índice de Shannon en parcelas de agave, índice de Agrobiodiversidad, pérdida de suelo, índice de calidad de suelos, índice de desempeño ambiental en la producción de mezcal, índice de intervención institucional.

Se determinó el grado de sustentabilidad del sistema productivo maguey-mezcal artesanal para el año 2010 con una ponderación del 60% (nivel medio) de alcanzar la sustentabilidad, para el año 2015 su valoración fue de 63% (nivel alto) más cercano a alcanzar la sustentabilidad.

La hipótesis 1 planteada al inicio de la investigación se acepta ya que el análisis del sistema productivo maguey-mezcal artesanal se realizó desde un enfoque de agroecosistema.

La hipótesis 2 planteada al inicio de la investigación es rechazada ya que el grado de sustentabilidad presente para ambos años de evaluación (2010-2015) se presenta con una valoración de medio y alto respectivamente, la ponderación de los resultados no llevaron a un grado de sustentabilidad bajo.

CAPÍTULO V. REFERENCIAS CONSULTADAS

- Altieri M.A. y Nicolls C.I. 2006. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. 2ª Ed. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México D.F. pp 17-24, 55-65.
- Astier, M.; Masera, O. y Galván-Miyoshi, Y. 2008 Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional, tema: El proyecto de evaluación de sustentabilidad MESMIS; Las evaluaciones de sustentabilidad. Mundiprensa. Valencia, España. Pp 13-23 y 41-56.
- Bonilla, E. y Rodríguez P. 1997. Más allá del dilema de los métodos. La investigación en las ciencias sociales. Ed. Norma. Argentina Buenos Aires. pp. 63-65
- Casas C. R. 2002. Sustentabilidad de tres agroecosistemas campesinos de los Valles Centrales Oaxaca. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, campus Puebla. pp.13-49.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo. 1987. Nuestro futuro Común. Madrid: Alianza Editorial
- Diario Oficial de la Federación, 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994. Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones. México, D.F.
- Diario Oficial de la Federación DOF. 2012. Modificación a la Declaración General de Protección de la Denominación de Origen Mezcal. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Disponible en línea en:
[http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5278677&fecha=22/11/2012].
- Galván-Miyoshi, Y. 2008. Integración de indicadores en la evaluación de sustentabilidad: De los índices agregados a la representación multicriterio.

- pp. 95-115. In: M. Astier, O. R. Masera y Y.Galván (eds.). Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. NAM/GIRA/ Mundiprensa/ Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable. Valencia, España.
- Gomero, O.L. and H. Velasquez. 2007. Evaluación de la sustentabilidad del sistema de algodón orgánico en la zona de trópico húmedo del Perú, San Martín Tarapoto. Pag. 57-73 en M. Astier and J. Hollands, editors. 2007. "Sustentabilidad y campesinado. Seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica". Mundiprensa-GIRA-ILEIA, México, D.F. (ISBN-968-7462-51-5) 2ª. Ed.
- Gravina Hernández, Bruno A. y Leyva Galán, Ángel. 2012. Utilización de nuevos índices para evaluar la sostenibilidad de un agroecosistema en la República Bolivariana de Venezuela. Cultivos Tropicales, 2012, vol. 33, no. 3, p. 15-22. ISSN 1819-4087.
- Gutiérrez, E. 1997. El índice aproximado de sostenibilidad: un instrumento para la evaluación del desempeño nacional en sostenibilidad. En: Taller Sobre Indicadores de Desarrollo Sostenible. Centro Internacional en Política Económica para el Desarrollo Sostenible. Gpo. I. San José Costa Rica. p. 195.
- Hernández Xolocotzi, E. y R. Aguirre Rivera. 1998 (1987). Etnobotánica y agricultura tradicional, en M.A. Díaz León y A. Cruz León (comps.). Nueve mil años de agricultura en México. Homenaje a Efraim Hernández Xolocotzi. Universidad Autónoma de Chapingo, México:: 104-109.
- H. Gomez-Castro, J. Nahed-Toral, Q. Lopez-Tirado, T. Aleman-Santillan, M. Parra-Vazquez, S. Cortina-Villar, R. Pinto-Ruiz and F. Guevara-Hernandez, 2011. Holistic Conceptualization of the Sheep Production System of the Chiapas Highlands. Research Journal of Biological Sciences, 6: 314-321

- Masera, O.; Astier, M. y López-Ridaura S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable (GIRA A.C.) Edit. Mundi-Prensa, D.F. México p. 109.
- M. Astier, S. Lopez-Ridaura, O. Masera. 2002. "Evaluating the sustainability of complex Socio Environmental Systems. The MESMIS Framework". *Ecological Indicators* 2 (2002): 135-148 470-160x.
- M. Astier, L. García-Barrios, Y. Galván-Miyoshi, C. E. González-Esquivel, and O. R. Masera. 2012. Assessing the sustainability of small farmer natural resource management systems. A critical analysis of the MESMIS program (1995-2010). *Ecology and Society* 17(3): 25.
- Müller S. 1996. ¿Cómo medir la sustentabilidad? Una propuesta para el área de la agricultura y de los recursos naturales. Serie Documentos de Discusión sobre Agricultura Sostenible y Recursos Naturales. GTZ e IICA. San José Costa Rica. 55 p.
- OEIDRUS y SNIDRUS. 2011. Maguey mezcal regiones productoras de Oaxaca 2011. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de Oaxaca (OEIDRUS) y Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (SNIDRUS), San Bartolo Coyotepec, Oaxaca p.79.
- Ortiz-Avila, T., & Masera Cerutti, O. 2013. Subsidios y Estrategias de Producción Campesina: el caso de Casas Blancas, México. *Revista Iberoamericana De Economía Ecológica*, 7
- Quiroz, M.J. 1997. El mezcal orígenes, Elaboración y recetas. Coedición de Ediciones Códice y Universidad José Vasconcelos de Oaxaca. pp.114.
- Selener, D.; Endara, N. y Carvajal J. 1999. Sondeo rural participativo. Ed Instituto Internacional de Reconstrucción Rural (IIRR). Quito Ecuador. p.131

Toledo, V. M. 1999. "Hacia una modernidad alternativa." pp 41-42: 5-11

Sarandón S.J., Flores C.C. 2009 Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. Revista Agroecología, Vol 4: 19-28 España. ISSN: 1989-4686.

CAPÍTULO VI. ANEXOS

Identificación

1.- Nombre del productor		2.-Municipio		3.- Localidad		4.- Domicilio		5.- Fecha	
6.- Edad (años)		7.-Escolaridad (años)		8.- Actividad principal		9.-Superficie sembrada el año anterior (ha): _____ Esp. _____ Tiene vivero propio: SI NO superficie (m2): _____		13.-Edad de la plantación (especie principal) / Número de plantas	
								1 año	
				14.-Especies de agave que tiene / Número de plantas		15.-Tecnología empleada para la producción		2 años	
								3 años	
16.-Propiedad de la tierra sembrada				Esp.				4 años	
Ejidal/comunal		Privada		Rentada/aparcería		Esp.		5 años	
						Esp.		Más de 6 años	
						Esp.			

II. Dinámica de producción

Innovación	Año de adopción	Innovación	Año de adopción	Innovación	Año de adopción
OBTENCIÓN DE PLANTAS		FERTILIZACIÓN		ORGANIZATIVO - EMPRESARIAL	
17.- Cuenta con vivero propio		28.-Fertiliza sus plantaciones		38.-Figura Jurídica Legalmente constituida	
18.- Con plantas obtenidas por apomixis (inflorescencia)		29.-De forma Orgánico		39.-Reglamento interno	
19.- Compra plántula		30.-De forma Inorgánico		40.-Registro en Hacienda RFC	-
SISTEMA DE PLANTACIÓN		31.-Uso de técnicas para mejorar y conservar la fertilidad		41.-Bitácoras de manejo	
20.- Cultiva varias especies de agaves		MANEJO DE MALEZAS		COMERCIALIZACIÓN	
21.-Curvas a nivel		32.-Control químico de malezas		42.-Venta en parcela	

Innovación	Año de adopción	Innovación	Año de adopción	Innovación	Año de adopción
22.-Terrazas o barreras vivas		33.-Control mecánico de malezas		43.-Venta por piña o kilogramos (Camioneta)	
23.-Asociación de cultivos (maíz y/o frijol)		RECURSOS NATURALES		44.-Venta por contrato	
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES		34.- Plan de reforestación para abastecimiento de leña			
24.-Aplicación de productos químicos		35.-Conservación de fuentes de agua			
25.-De forma orgánica y/o biológica		COSECHA			
26.-Usa trampas con feromona para picudo		36.-Análisis de porcentaje azúcares			
27.-Realiza Deshojado (despencado)		37.-Cosecha mecánica (motosierra)			
45.- Observaciones e innovaciones no incluidas.					

III. Patrón de interacciones

46.-¿Con quiénes de sus pares (otros productores) suele intercambiar experiencias-conocimientos? ¿a qué otros productores les pregunta?		47.-¿Con cuáles profesionistas o asesores recurre cuando necesita de un consejo o servicio?	
Nombre	¿Dónde localizarlo?	Nombre	¿Dónde localizarlo?

48.-¿A quién le compra sus insumos?	49.-¿Quiénes le ofrecen asesoría técnica o comercial?	50.-¿A quién le vende su producción?			
		Nombre (empresa o persona)	Volumen (kg)	Frecuencia (meses)	Precio (\$/Kg)

		1.			
		2.			
		3.			
		¿Quiénes de los anteriores le ofrecen asesoría técnica o comercial? 1, 2, 3 ninguno			

IV. Infraestructura y organización

51.-Infraestructura y Equipo (para vivero)	SI/NO	52.-Superficie (m2) y/o capacidad (L) total	.-Organización	
Manguera (de la fuente al sitio del vivero)			53.Pertenece a una organización:	
Regadera			54.Desde cuando permanece a ella:	
Carretilla			55.Nombre de la organización:	
Pala y pico			56.Número de integrantes:	
Malla para cercado			57.Servicios recibidos:	
Superficie disponible (25 m2)				
Tinaco				
Malla sombra				
INSUMOS			58.Ubicación:	
Semilla recolectada			59.-OBSERVACIONES:	
Quiotes con inflorescencia				
Abono o estiércol				
Tierra de monte				
60.-Necesidades propuestas por el productor (para la producción de agave):				

I.

Identificación

1.-Nombre del productor		2.-Municipio		3.-Localidad		4.-Domicilio		5.-Fecha	
6.-Edad (años)		7.-Escolaridad (años)		8.-Actividad principal		9.-Especies de agave empleadas		10.-Características de la producción	
11.-Capacidad del palenque (percepción del productor)		Esp.		Esp.		Esp.		Esp.	
Tamaño del horno (ton)		Esp.		Esp.		Esp.		Esp.	
Hornadas por año		Esp.		Esp.		Esp.		Esp.	
Litros obtenidos por tapada		Esp.		Esp.		Esp.		Esp.	
Producción anual (Litros)		Esp.		Esp.		Esp.		Esp.	
Eficiencia (Kg piña/L mezcal)		Esp.		Esp.		Esp.		Esp.	

II. Dinámica de producción

Innovación	Año de adopción	Innovación	Año de adopción	Innovación	Año de adopción
COCCIÓN		28.-Calcula la Formulación		41.-Presencia alcoholímetro	
14.-Horno cónico revestido		DESTILACIÓN		42.-Termómetro y tablas de ajuste por T°	
15.-Horno de mampostería (vapor)		29.-Olla de barro		ORGANIZATIVO – EMPRESARIAL	
16.-Autoclave		30.-Alambique de cobre		43.-Figura Jurídica Legalmente constituida	
17.-Pesa la MP de entrada		31.-Doble destilación		44.-Registro en Hacienda RFC	
18.-Determina ART o °Brix al jugo en verde		32.-Conoce su eficiencia REAL (Kg piña/L Mezcal)		45.-Certificado COMERCAM	
MOLIENDA		ALMACENAJE		46.-Reglamento interno	
19.-Hebradora de gasolina o eléctrico		33.-En vidrio		47.-Plan de negocios	

Innovación	Año de adopción	Innovación	Año de adopción	Innovación	Año de adopción
20.-Con piedra (chilena)		34.-En acero inoxidable		48.-Libros de registros y/o bitácoras	
21.-Con mazo		35.-Madera (barricas)		49.-Marca propia registrada	
22.-Zona con Piso		36.-En contenedores grado alimenticio		50.-Lleva registros de producción	
FERMENTACIÓN		ENVASADO		COMERCIALIZACIÓN	
23.-Tinas de madera		37.-Presencia de un equipo de envasado		51.-Tiene un cliente específico (consume mínimo el 70% de su producción)	
24.-Uso de acelerante para la fermentación		38.-Certificación para envasado		52.-Venta seguras (contrato o convenios)	
25.-Fermentación inducida con inóculo		39.Sistema mínimo de filtrado y lavado de botellas		53.-Producto diferenciado (Envase con diseño propio)	
26.-Control de la temperatura (área aislada)		LABORATORIO		54.-Vende producto envasado	
27.-Determina ART		40.-Presencia de equipo para ART		55.-Plan de promoción (marketing)	

III. Patrón de interacciones

56.-¿Con quiénes de sus pares (otros productores) suele intercambiar experiencias-conocimientos? ¿a qué otros productores les pregunta?		57.-¿Con cuáles profesionistas o asesores recurre cuando necesita de un consejo o servicio?	
Nombre	¿Dónde localizarlo?	Nombre	¿Dónde localizarlo?

58.-¿A quién le compra sus insumos?	59.-¿Quienes le ofrecen asesoría técnica o comercial?	60.- ¿A quién le vende su producción?			
		Nombre (empresa o persona)	Volumen (L)	Frecuencia (meses)	Precio (\$/L)
		1.			
		2.			
		3.			
		¿Quiénes de los anteriores le ofrecen asesoría técnica o comercial? 1, 2, 3 ninguno			

IV. Infraestructura y organización

61.- Infraestructura y Equipo	SI/NO	62.-Superficie (m2) y/o capacidad (L) total	Organización	
Piso en área de molienda			63.Pertenece a una organización:	
Horno techado			64.Desde cuando permanece a ella:	
Área de destilación techada			65.Nombre de la organización:	
Área de fermentación aislada			66.Número de integrantes:	
Área de Almacén			67.Servicios recibidos:	
Contenedores (inoxidables o alimenticio)				
Tinas de fermentación No:				
Equipo de laboratorio				
Bascula			68.Ubicación:	
Hebradora de agave			69.OBSERVACIONES:	



ANEXO 1. ENTREVISTA DE DIAGNÓSTICO PARA PRODUCCIÓN DE MEZCAL



Baños			
Alambique de cobre No:			
Ollas de barro No:			
70.Necesidades propuestas por el productor:			

UNIDAD DE PRODUCCIÓN FAMILIAR

1.- Mencione el número de actividades que sabe realizar (conocimiento heredado o aprendido)

No.	Actividad	Año en que lo aprendió	Quien se lo heredó o transmitió	Lo aplica (mucho, poco, nada)	Lo comparte (hijos, familia o vecinos)

2.- ¿Quién toma las decisiones en la familia? Padre () Madre () Toda la familia () ¿Depende de? _____

3.- ¿En la comunidad aún usan mano vuelta (guezas)? ¿Gueza en qué? ¿Tequio en qué? Descríbelas _____

4.- Tipo de tenencia de tierra: () comunal () ejidal () propiedad privada pública () escritura privada

5.- Que tipo de recursos puede aprovechar de las tierras que comparte con la localidad, cantidad y tiempo

No.	Recurso	Cantidad	Tiempo	Costo	Condición o reglas

6.- Mencione las 5 reglas primordiales, acuerdos del comisariado o la localidad para hacer uso del suelo y áreas verdes

No.	Reglas individuales	Reglas colectivas

SUBSISTEMA PRODUCTIVO PECUARIO

7.- Enliste el no. de animales de traspatio con que cuente:

Animal	Cantidad	Edad	Reproducción /comprado	Periodicidad de reposición (anual)	Periodicidad de consumo mensual/anual	% consumo % venta

8.- ¿No. de yuntas que tiene y cada cuanto las cambia? _____

9.- ¿Con qué alimenta a su ganado? (forraje/rastrojo) _____

¿Siembra alimento para sus animales, cantidad? _____

10.-¿Cada cuánto los alimenta? Cantidad que les da de comer _____

11.-¿Para cuántos animales y durante cuánto tiempo le alcanza lo que siembra?(Precio si lo tuviera que comprar)

12.-¿Qué les da de comer después, cuánto gasta? _____

13.-¿Qué hace con el estiércol que generan los animales? _____

14.-¿Qué tipo de enfermedades se presentan más en los animales y en qué meses? _____

15.-¿Cuántos animales mueren al año por enfermedad y cuáles son? _____

SUBSISTEMA PRODUCTIVO AGRÍCOLA

16.- Mencione todas las actividades que realiza en todo el proceso de producción de maíz

17.-¿Cómo hace el surcado (contra pendiente, a favor de la pendiente, recto, curvas a nivel)? _____

18.-¿Usa yunta para barbecho? _____

No.	Actividad	Observaciones

19.-Productos que aplica y para que los aplica

TIPO DE PRODUCTO (nombre)	CANTIDAD USADA/ TAM PREDIO	\$/LT	USO

20.- Mencione todas las actividades que realiza en todo el proceso de producción de frijol

21.-¿Cómo hace el surcado (contra pendiente, a favor de la pendiente, recto, curvas a nivel)? _____

22.-¿Usa yunta para barbecho? _____

No.	Actividad	Observaciones

--	--	--

23.-Productos que aplica y para que los aplica

TIPO DE PRODUCTO (nombre)	CANTIDAD USADA/ TAM PREDIO	\$/LT	USO

24.-Mencione todas las actividades que realiza en todo el proceso de producción de: _____

25.-¿Cómo hace el surcado (contra pendiente, a favor de la pendiente, recto, curvas a nivel)? _____

26 ¿Usa yunta para barbecho? _____

No.	Actividad	Observaciones

27.- Productos que aplica y para que los aplica

TIPO DE PRODUCTO (nombre)	CANTIDAD USADA/ TAM PREDIO	\$/LT	USO

28.- Describa los cultivos que siembra y que sembró en el año:

2000:

2005:

2010:

2015:

29.- De donde obtiene semilla para siembra: _____

La compra () La guarda () % Que compra () % Guarda ()

30.-Tipos de semilla que sembraban en los últimos 5 años, color, ciclo en meses, fecha de siembra, tiene todavía:

1.- 2.- 3.- 4.- 5.-

31.- ¿Qué tipo de semilla sigue sembrando y de qué tipo ha comprado? ¿Desde cuándo?_____

32.- Dibuje el no. total de predios que tiene:

33.-Siembra:

34.- Cantidad sembrada:

35.- Cosecha:

36.- Manejo que le da a cada predio (policultivo/rotación/abonado)

37.-Enliste el número de hierbas de temporada que usan para su alimentación en qué temporada las consigue así como las hierbas de olor que cultivan en casa (epazote, te limón, etc).

Hierbas de temporada/olor	Temporada en las que la consigue	No. árboles frutales que tiene/fruta que consume/periodo

SUBSISTEMA PRODUCTIVO MAGUEY

38.-¿Cuenta con vivero?: si () no () tipo de vivero: semilla () hijuelo () año en que lo estableció:

semilla () hijuelo () no. de plantas germinadas y/ logradas (especificar):_____

39.-no. plantas sembradas en campo: () tamaño de la parcela donde las sembró:

40.- ¿Quién le enseñó a reproducir por semilla? _____

41.- ¿Recoge hijuelos de maguey en campo para siembra?:() ¿Desde qué año? ()

Variedad de maguey	Año 2000 cantidad	Año 2005	Año 2010	Año 2015

42.- ¿Obtiene algún beneficio a corto plazo por la siembra de maguey (venta)? _____

43.- ¿Y a largo plazo obtiene un beneficio o aportación que se traduzca en ahorro monetario?, ¿cómo y en qué? (ejem. Por venta de maguey/ en la parcela, como materia prima/ en la producc. Mezcal, maguey por mezcal a medias, etc. _____

2010: % de maguey del que siembra que usa para producción () % que compra () 44.- Año

45.- Año 2015: % de maguey del que siembra que usa para producción () % que compra ()

46.- Mencione todas las actividades que realiza en todo el proceso de producción de MAGUEY

47.- ¿Cómo hace el surcado (contra pendiente, a favor de la pendiente, recto, curvas a nivel)? _____

48.- ¿Usa yunta para barbecho? _____

No.	Actividad	Observaciones
-----	-----------	---------------

--	--	--

49.-Productos que aplica y para que los aplica

TIPO DE PRODUCTO (nombre)	CANTIDAD USADA/ TAM PREDIO	\$/LT	USO

SUBSISTEMA PRODUCTIVO MEZCAL

50.- Cuantas personas trabajan en el palenque por lote producido: año 2010 () año 2015 ()

51.- Del siguiente calendario marque las fechas en las que normalmente trabaja el palenque de manera propia y las veces que lo renta

52.- AÑO 2010 mezcals certificado % () mezcals libre sin certificar % ()

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic

53.- AÑO 2015 mezcals certificado % () mezcals libre sin certificar % ()

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic

54.- ¿Existe diferencia en producir mezcal certificado o libre, cuál? _____

55.- Se necesita el mismo número de trabajadores para producir un lote de mezcal certificado o libre: _____

56.- ¿Si está certificado, tuvo que contratar mano de obra extra o aumentó sus horas laborales para compensar la mano de obra faltante? _____

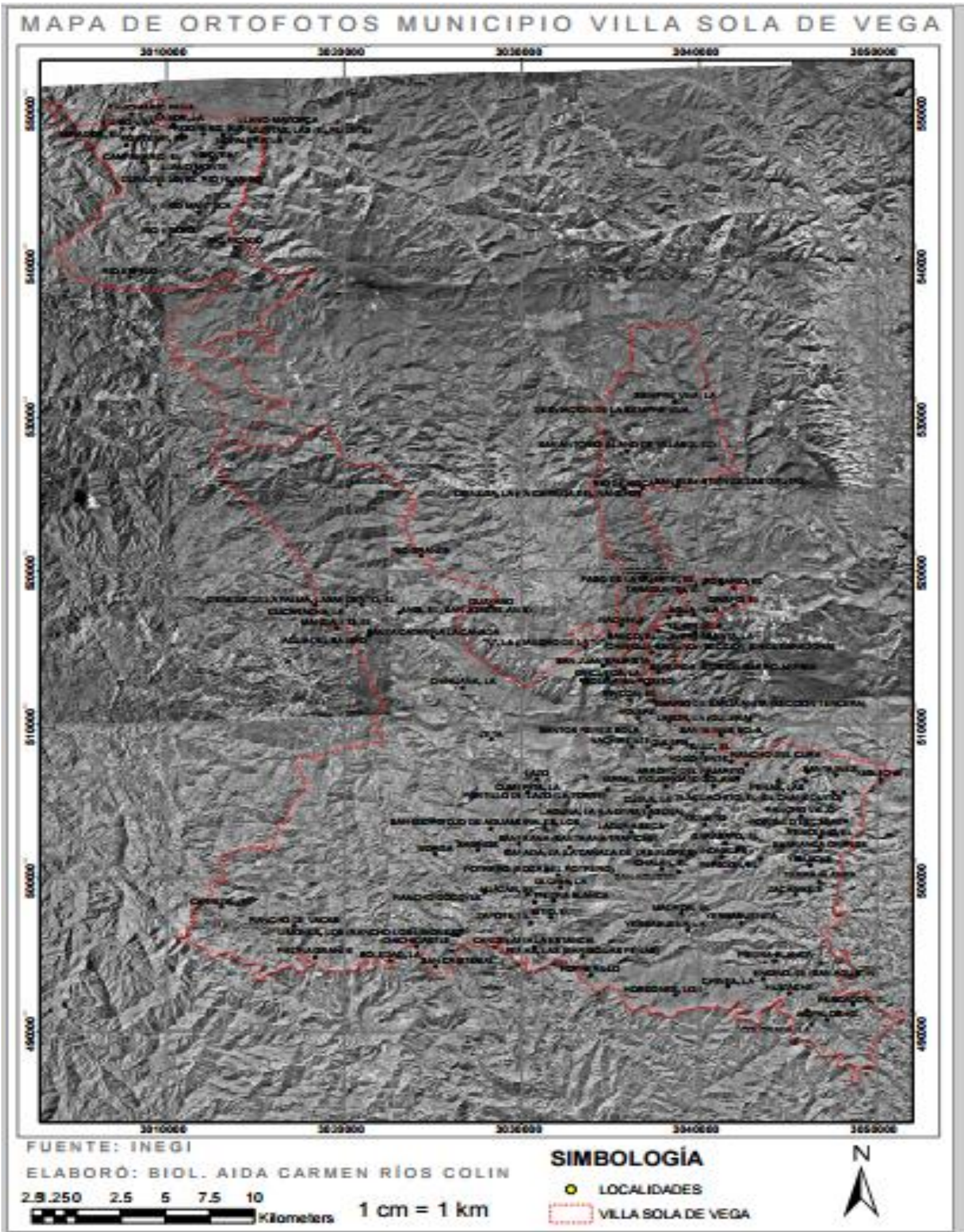
57.- Usos que le da a su mezcal, promedio de producción de lote producido (lt): _____

58.- % venta local/ que año : _____ % venta certificado /que año % eventos culturales _____

59.- Otros mencionar: _____

60.- ¿Una certificación en la producción de maguey y/o mezcal genera algún beneficio? ¿porque? _____

ANEXO 3. MAPA ORTOGRÁFICO



PLAN DE FORMACION DEL MAPEO PARTICIPATIVO DEL SISTEMA PRODUCTIVO ARTESANAL MAGUEY MEZCAL

NOMBRE DEL TALLER: DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE PRODUCCION ARTESANAL MAGUEY MEZCAL

NOMBRE DEL FACILITADOR: AÍDA CARMEN RÍOS COLÍN **FECHA:** 28 DE MARZO DE 2015 **HORA DE INICIO:** 11:00 AM

LUGAR DE IMPARTICION: TALLER DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL DE GUILLERMO MARINO RÍOS FUENTES.

COMUNIDAD: EL POTRERO

MUNICIPIO: VILLA SOLA DE VEGA

DURACION (EN HORAS): 3 hrs **No. PARTICIPANTES** 37

PERFILES DE LOS PARTICIPANTES: PRODUCTORES DE MAGUEY/ MEZCAL

OBJETIVO GENERAL: IDENTIFICAR Y PRIORIZAR CON LOS PRODUCTORES A TRAVES DE HERRAMIENTAS DE ANALISIS PARTICIPATIVO, INFORMACIÓN CLAVE Y RELEVANTE SOBRE EL PROCESO DE PRODUCCION DE MEZCAL, PROPONIENDO ALTERNATIVAS DE SOLUCION ECONOMICA, ECOLOGIA Y SOCIALMENTE VIABLES.

OBJETIVO ESPECÍFICO:

CARACTERIZAR EL PROCESO DE PRODUCCION DE MEZCAL MEDIANTE UN MAPEO PARTICIPATIVO

UBICAR LÁS ÁREAS DE MANEJO LOCAL Y DETERMINAR LAS ACTIVIDADES QUE SE DESARROLLAN EN ÉSTAS

IDENTIFICAR LOS PRINCIPALES PROBLEMAS Y OPORTUNIDADES EN LA PRODUCCION DE MEZCAL

TEMA	OBJETIVO	DINAMICA	DESARROLLO	MATERIALES	TIEMPO
Registro de asistentes	Llevar un control sobre el número de participantes		Registro en listas de asistencia de los participantes	- Lapiceros - Cojín - Tabla de apoyo	10 min
Presentación de los participantes	Generar confianza e integración del grupo Explicar el objetivo del Taller	Presentación de los asistentes (Dinámica de acuerdo a n° de	Presentación del facilitador, participantes y objetivos del taller. Dinámica de presentación de acuerdo al número de asistentes	- Rotafolios, - Plumones - Cinta Masking Tape	10 min

Identificación de áreas de manejo local del sistema de producción artesanal de maguey mezcal	participantes)			
	Identificar actividades clave, costos, tiempos, productos, desechos y rendimientos proceso de producción de mezcal.	- Exposición - Diálogo semi estructurado.	- Se divide al grupo en dos y se adhieren los mapas ortográficos a un lugar donde se puedan sobreponer en ellos acetatos, después se pide que inicien a marcar los puntos donde realizan las actividades relacionadas con el manejo del sistema productivo	- 2 mapas ortográficos - Rotafolios - Marcadores - Masking tape - Acetatos - Cámara fotográfica 120 min
	Identificar los problemas a los que se enfrentan los productores en el proceso de producción de mezcal.	- Aplicación de entrevistas semiestructuradas	- Mediante una plática personal se aplicarán de forma individual dos entrevistas una referente al subsistema maguey y otra al mezcal todo en un ambiente de confianza establecida previamente en el mapeo participativo	- Entrevistas - Rotafolios - Marcadores - Cámara fotográfica 30min
Cierre del taller	Resumen del taller y aprendizajes obtenidos.	- Preguntas directas	-	10min

Vo. Bo.
Autoridad Local

Facilitador
Aída Carmen Ríos Colín

SUBSISTEMA	FORTALEZAS	DEBILIDADES
Unidad de Producción Familiar	Cuenta con animales de traspatio para venta y alimentación	Consumo de proteína de origen vegetal, festividades y eventos sociales se consume proteína de origen animal
	Toma de decisiones	Autoconsumo basado en granos básicos y vegetales
	Elaboración de artículos de palma para uso de la casa	Viviendas elaboradas con materiales de mala calidad y espacio insuficiente
	Conocimientos Tradicionales	Acceso a la seguridad social bajo
	Especies frutales cerca de la casa	Falta de mano de obra (migración alta)
	Siembra de hierbas de olor básicas	Productores mayores de 40 años trabajando activamente campo
	Uso de gueza o tequio	Nivel de rezago educativo alta
	Tenencia de la tierra para siembra comunal	Ingresos que sólo complementan una parte de la alimentación
Subsistema Agrícola	Obtención de semilla, semillas criollas	Rendimientos bajos
	Obtención de granos básicos para alimentación	Incidencia alta de plagas y enfermedades
	Diversificación de cultivos: maíz, frijol, calabaza, garbanzo, amaranto, chile	Renta de parcelas para siembra
	Barbecho y arado con tracción animal	Uso de productos químicos para control de plagas, enfermedades y malezas
	Labores culturales manuales	Pago de jornales a yunta y mano de obra para siembra
	Uso de forraje y rastrojo para alimentación pecuaria	Renta de cosechadora de maíz
	Aprovechamiento de arvenses en temporada de lluvia	Renta de trilladora de amaranto
	Incorporación de abono animal a parcelas	Uso de mano de obra alta para siembra y cosecha (renta)
Subsistema Pecuario	Disponen de ganado bovino para tracción o yunta	Inversión de mano de obra constante para pastoreo
	Disponen de ganado caprino y ovino para venta y alimento	Compra de alimento en tiempo de sequía
	Abono de ganado	Enfermedades recurrentes
Subsistema Maguey	Retención de suelos	Incidencia alta de plagas y enfermedades
	Diversidad de agaves	Contenido de azúcares heterogéneo en función de suelo y variedad
	Conservación de maguey tobalá mediante reproducción por semilla en viveros locales	Extracción de maguey silvestre de ecosistemas

	Colecta de hijuelos para diversificación	Especies de agaves con problemas de reproducción
	Asociación de cultivos	Uso de sólo una parte de la planta, la otra parte se desecha
	Uso como barreras y cercos vivos	
	Siembra en curvas a nivel	
Subsistema Mezcal	Generación de ingreso adicional a la UPF	Ventas esporádicas
	Producción de mezcal para venta y eventos sociales y religiosos	Precios bajos a nivel local y regional
	La obtención de alguna certificación genera valor agregado	Costo de certificación alta para venta a nivel estatal, nacional e internacional
	Conservación de conocimientos tradicionales	Escases de materia prima
	Promueve empleo local	Desechos de residuos sólidos y líquidos sin tratamiento previo a ecosistema
		Alta demanda de mano de obra
		Alta demanda de leña, depende de la misma para procesos de cocción y destilación

FORTALEZAS	DEBILIDADES	INDICADOR FORTALEZAS	INDICADOR DEBILIDADES
Cuenta con animales de traspatio para venta y alimentación	Consumo de proteína de origen vegetal, festividades y eventos sociales se consume proteína de origen animal	Autosuficiencia alimentaria: % de alimentos consumidos que son producidos en el predio	Índice de calidad de vida: Índice de nutrición (patrón alimentario), índice de salud
Toma de decisiones en núcleo familiar	Autoconsumo basado en granos básicos y vegetales	Grado de democratización: mecanismos de distribución del poder en la toma de decisiones	Autosuficiencia alimentaria: % de alimentos consumidos que son producidos en el predio
Elaboración de artículos de palma para uso	Viviendas elaboradas con materiales de	Opciones de ingreso y actividades productivas: número y tipo de	Índice de desarrollo humano

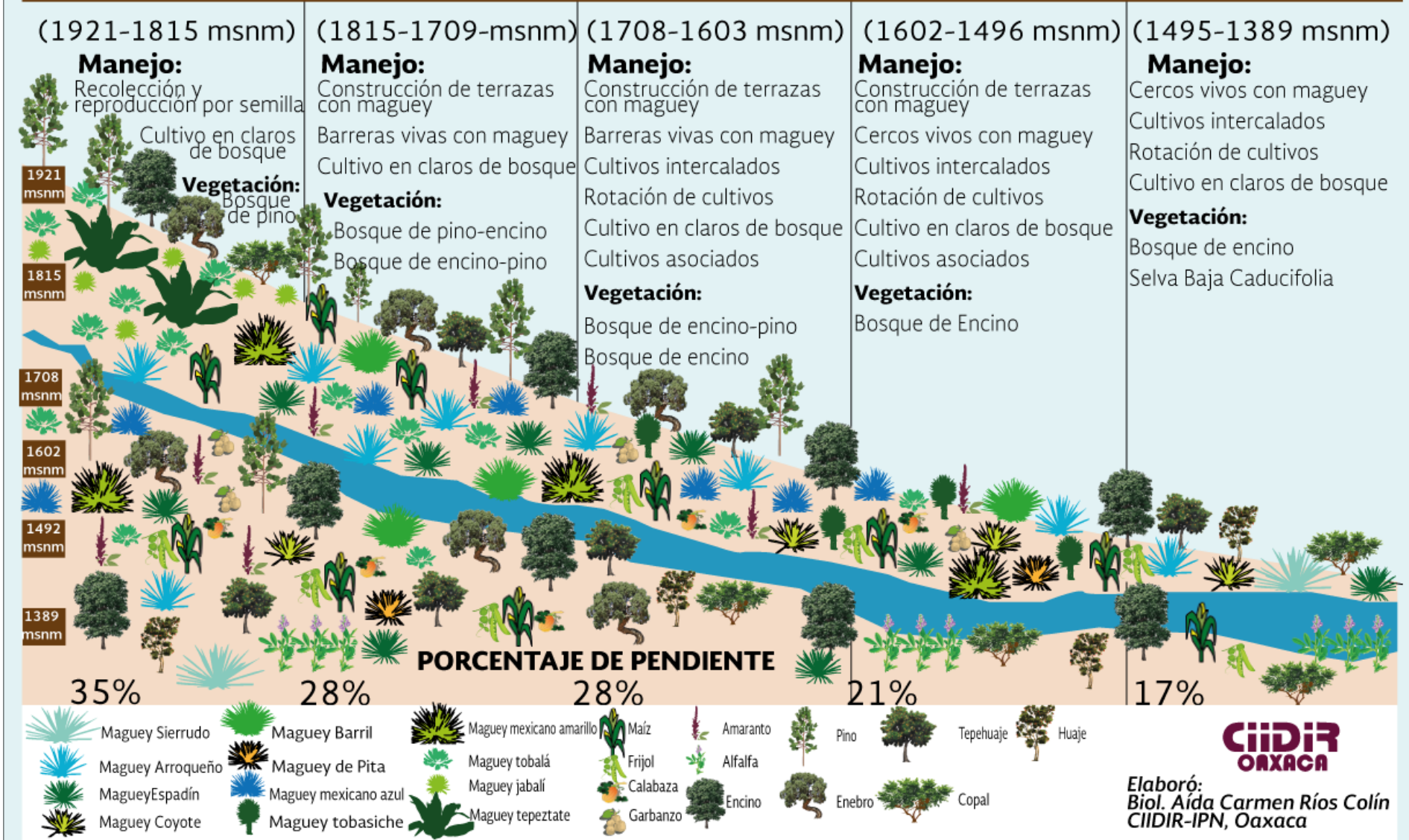
de la casa (se presenta sólo con cuatro productores)	mala calidad y espacio insuficiente	opciones de manejo disponibles	
Conocimientos Tradicionales	Acceso a la seguridad social bajo	Brecha generacional y apropiación de conocimiento (indicadores de empoderamiento), índice de migración, herencia de conocimiento, índice de adopción de innovaciones, quien hereda conocimiento	Método de medición integrada de la pobreza (MMIP) índice de acceso a la seguridad social,
Especies frutales cerca de la casa	Falta de mano de obra (migración alta)	Opciones de ingreso y actividades productivas: número y tipo de opciones de manejo disponibles	Índice de migración
Siembra de hierbas de olor básicas	Productores mayores de 40 años trabajando activamente campo		Método de medición integrada de la pobreza (MMIP) índice de acceso a la seguridad social,
Uso de gueza o tequio	Nivel de rezago educativo alta	Disminución de carga de trabajo: # de personas/tiempo/inversión* número de actividades que se regresan mano vuelta en forma de pago (eficiencia en la mano de obra, autosuficiencia: ahorro interno)	ÍNDICE DE CALIDAD DE VIDA: índice de escolaridad
Tenencia de la tierra para siembra comunal	Ingresos que sólo complementan una parte de la alimentación	Derechos de propiedad (individuales o colectivos) reconocidos: Tipo de tenencia de la tierra, reglas sobre el uso y disposición de recursos	Autosuficiencia: Grado de endeudamiento (mide vulnerabilidad o autosuficiencia)

			financiera del sistema)
Obtención de semilla, semillas criollas	Rendimientos bajos	No. de variedades criollas utilizadas	Eficiencia: rendimiento por producto o subproducto
Obtención de granos básicos para alimentación	Incidencia alta de plagas y enfermedades	Eficiencia: Relación Beneficio/costo	Fragilidad del sistema: Evaluación de daño por plagas
Diversificación de cultivos: maíz, frijol, calabaza, garbanzo, amaranto, chile	Renta de parcelas para siembra	Diversificación de actividades productivas: Porcentaje del ingreso derivado de distintos cultivos o compradores	Eficiencia: Relación costo/beneficio
Barbecho y arado con tracción animal	Uso de productos químicos para control de plagas, enfermedades y malezas	Degradación de suelos: Tasa de infiltración del agua en el suelo, compactación, erosión (tipos, nivel y porcentaje)	Calidad de suelo y agua: nivel de agroquímicos en el agua y suelos
Labores culturales manuales	Pago de jornales a yunta y mano de obra para siembra	Eficiencia en la mano de obra: autosuficiencia ahorro interno, costos de producción	Costos de producción
Uso de forraje y rastrojo para alimentación pecuaria	Renta de cosechadora de maíz	Autosuficiencia: ahorro interno	Costos de producción
Aprovechamiento de arvenses en temporada de lluvia	Renta de trilladora de amaranto	Diversidad en el tiempo y espacio: no. de especies manejadas	Costos de producción
Incorporación de abono animal a parcelas	Uso de mano de obra alta para siembra y cosecha (renta)	Conservación de recursos: Porcentaje de materia orgánica	Costos de producción
Disponen de ganado bovino para tracción o yunta	Inversión de mano de obra constante para pastoreo	Autosuficiencia: ahorro interno	Distribución de costos y beneficios
Disponen de ganado caprino y ovino para venta y alimento	Compra de alimento en tiempo de sequía	Diversificación de actividades productivas	Grado de dependencia de insumos

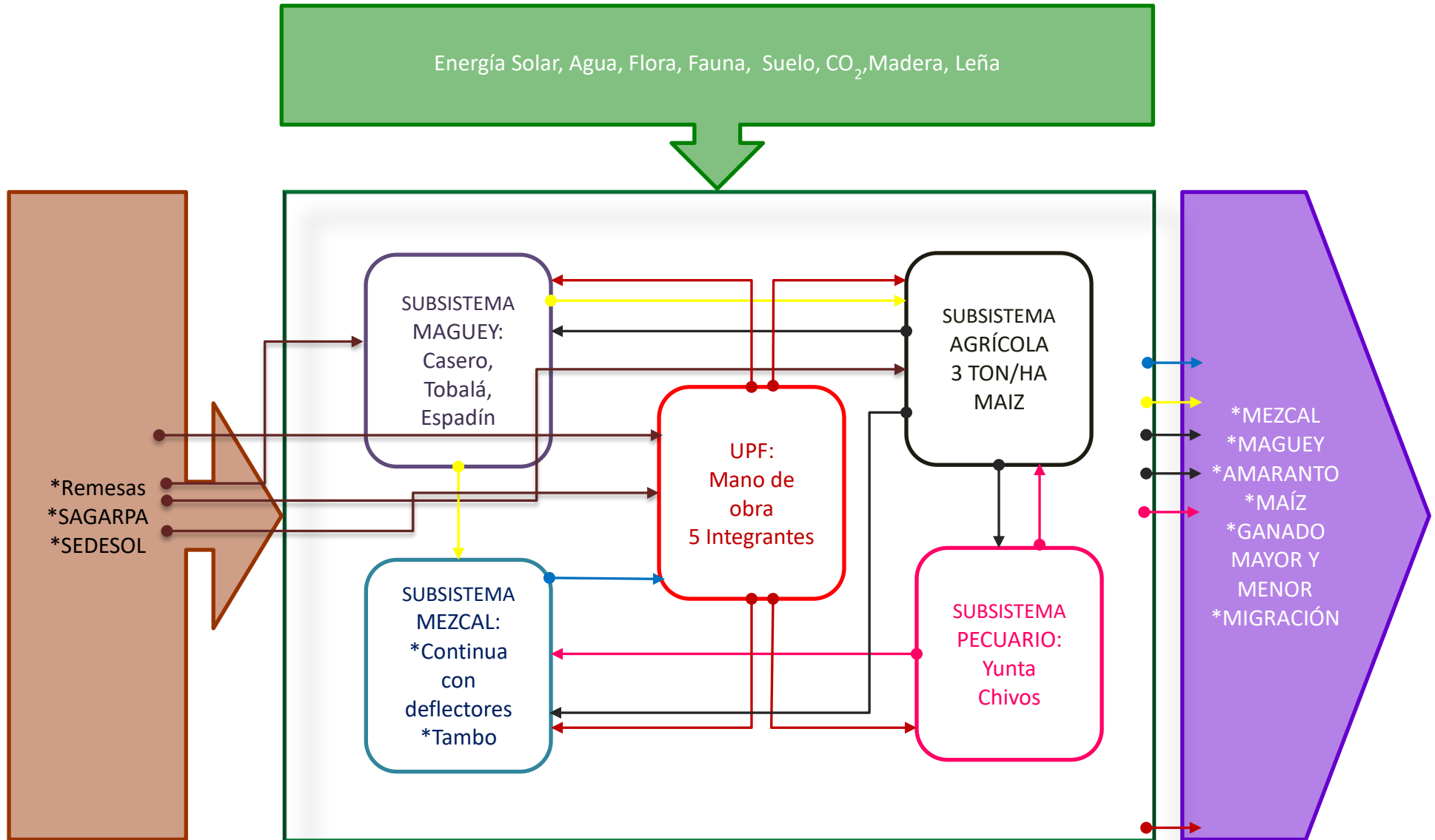
Abono de ganado	Enfermedades recurrentes	Conservación de recursos: Porcentaje de materia orgánica	Grado de dependencia de insumos
Retención de suelos	Incidencia alta de enfermedades	Índice de calidad de suelos	Grado de dependencia de insumos
Diversidad de agaves	Contenido de azúcares heterogéneo en función de suelo y variedad	Diversidad en el tiempo y espacio: no. de especies manejadas Índice de shanon	Índice contenido de azúcares (ART), análisis de suelo
Reproducción de especies de importancia económica		Conservación de la diversidad biológica: Conservación de la riqueza biológica de sp.: primero mide riqueza biológica (shanon ajustado) y contrastas con no. de productores que hacen reproducción, y no. de especies propagas	
**Conservación de maguey tobalá mediante reproducción por semilla en viveros locales	Extracción de maguey silvestre de ecosistemas	Autosuficiencia: % de productores con establecimiento de viveros y superficie sembrada de material vegetativo	Tasa de cambio y uso de vegetación en suelo
Colecta de hijuelos para diversificación	Especies de agaves con problemas de reproducción		
Asociación de cultivos	Uso de sólo una parte de la planta, la otra parte se desecha	Rotación de cultivos y diversificación de cultivos	Biomasa total y de partes útiles del maguey
Uso como barreras y cercos vivos		Conservación de recursos: Nivel de erosión de suelos	
Siembra en curvas a nivel		Conservación de recursos: Nivel de erosión de suelos	
Reproducción de materia prima		% de compra que se usa para la producción y % de material vegetativo para uso	

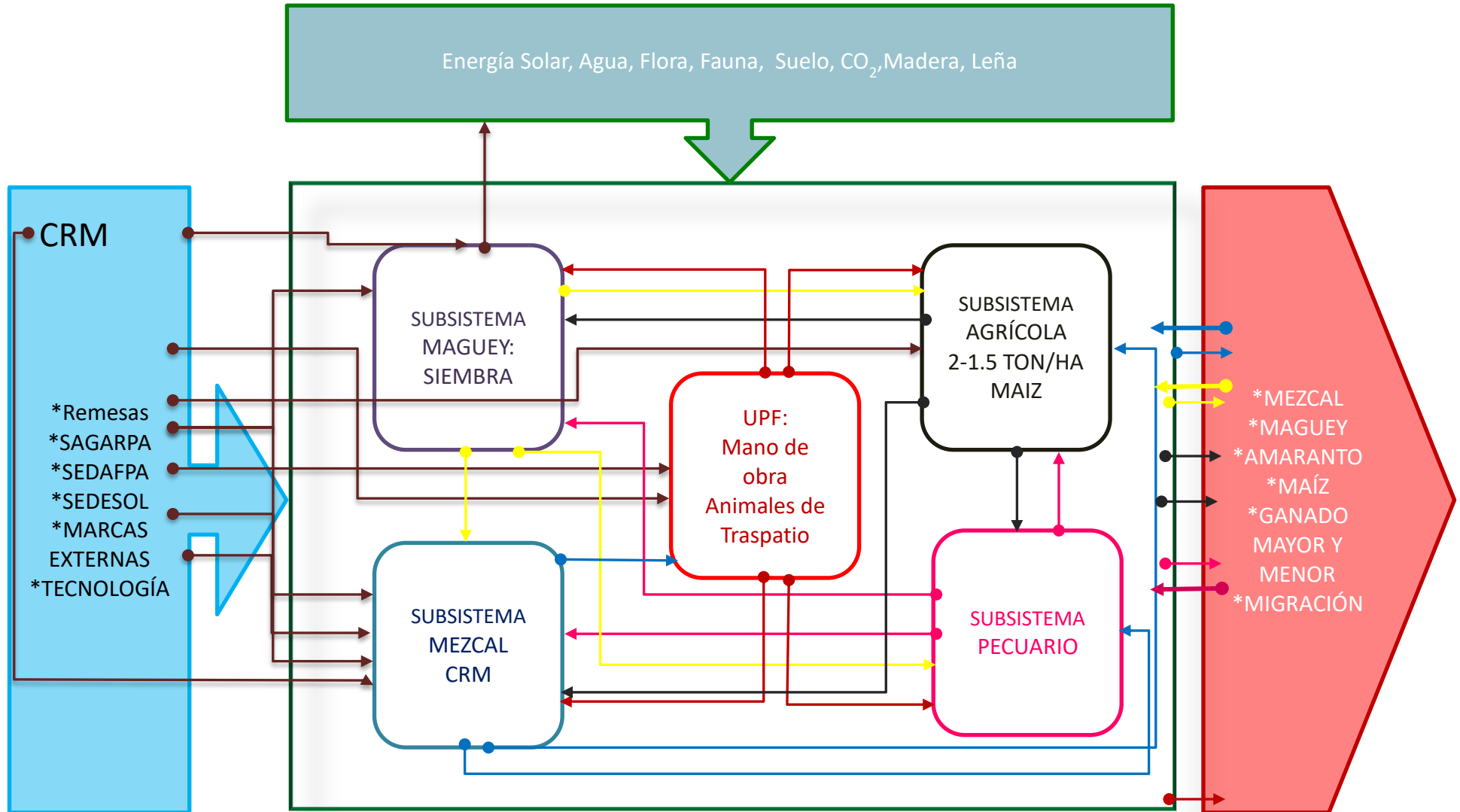
Generación de ingreso adicional a la UPF	Ventas esporádicas	Autosuficiencia alimentaria	Ingresos en tiempo
Producción de mezcal para venta y eventos sociales y religiosos	Precios bajos a nivel local y regional	Distribución de costos y beneficios	Relación B/C
La obtención de alguna certificación genera valor agregado	Costo de certificación alta para venta a nivel estatal, nacional e internacional	Distribución de costos y beneficios	Distribución de costos y beneficios
Conservación de conocimientos tradicionales	Escases de materia prima		Grado de dependencia de insumos
Promueve empleo local	Desechos de residuos sólidos y líquidos sin tratamiento previo a ecosistema		Conservación de recursos: calidad de suelo y agua
	Alta demanda de mano de obra	Eficiencia en la mano de obra	
	Alta demanda de leña, depende de la misma para procesos de cocción y destilación		Grado de dependencia de insumos

TRANSECTO AGROECOLÓGICO MAGUEY, SOLA DE VEGA, OAXACA

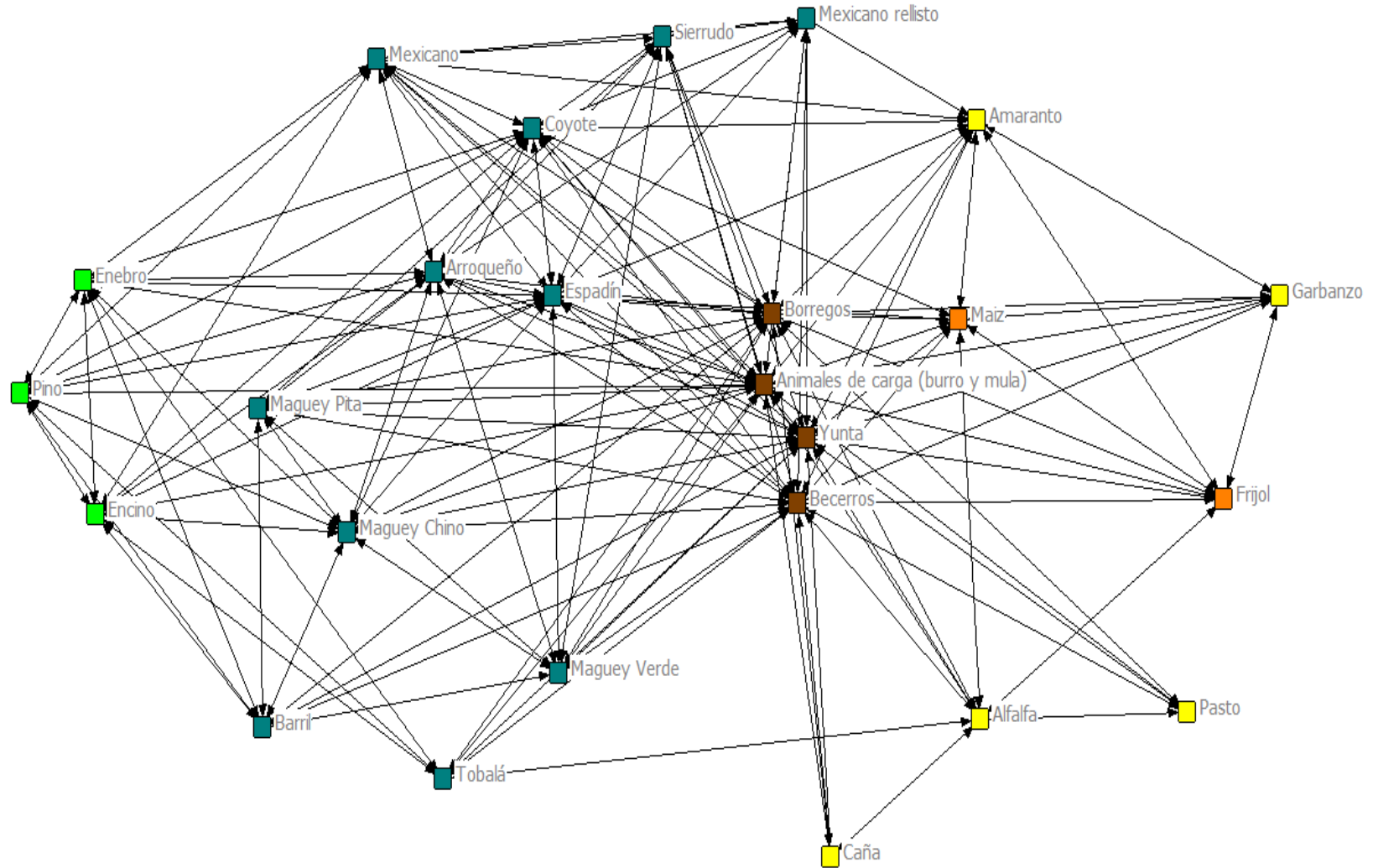


Elaboró:
Biol. Aída Carmen Ríos Colín
CIIDIR-IPN, Oaxaca





ANEXO 9. DIAGRAMA DE INTERACCIONES GENERADAS MEDIANTE ÍNDICE DE AGROBIODIVERSIDAD EN EL SISTEMA PRODUCTIVO MAGUEY-MEZCAL 2010



ANEXO 10. DIAGRAMA DE INTERACCIONES GENERADAS MEDIANTE ÍNDICE DE AGROBIODIVERSIDAD EN EL SISTEMA PRODUCTIVO Maguey-MEZCAL 2015

