



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIRECCIÓN DE CENTROS REGIONALES UNIVERSITARIOS
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN DESARROLLO RURAL REGIONAL

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SUSTENTABILIDAD DE LA AGRICULTURA
FAMILIAR EN EL ESTADO DE ZACATECAS

TESIS

Que como requisito parcial

para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN DESARROLLO RURAL REGIONAL

Presenta:

ARACELI SALAZAR CORREA

Bajo la supervisión de: ÁLVARO LLAMAS GONZÁLEZ, DOCTOR EN ESTUDIOS
DEL DESARROLLO



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
SECRETARIA DE EXAMENES PROFESIONALES



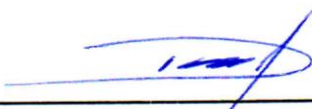
Zacatecas, Zacatecas, Enero de 2018

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SUSTENTABILIDAD DE LA AGRICULTURA
FAMILIAR EN EL ESTADO DE ZACATECAS

Tesis realizada por ARACELI SALAZAR CORREA bajo la supervisión del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para
obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN DESARROLLO RURAL REGIONAL

DIRECTOR: 
Dr. Álvaro Llamas González

ASESOR: 
Dr. Darío Alejandro Escobar Moreno

ASESOR: 
Dr. Joel Cervantes Herrera

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia, a mi esposo por su apoyo incondicional, a mis hijos por su paciencia y cariño, a mis padres por siempre estar conmigo.
Gracias por su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Autónoma Chapingo por haberme brindado la oportunidad de formar parte de una institución tan loable, así como el apoyo económico y logístico para concluir mis estudios en este programa de maestría.

Agradezco también al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca otorgada para realizar mis estudios de maestría.

De manera muy especial quiero agradecer al Dr. Álvaro Llamas González por su gran apoyo en la dirección de este trabajo. De la misma forma agradezco a todos los profesores del Centro Regional Universitario Centro Norte (CRUCEN) por compartir sus conocimientos que me permitieron culminar este trabajo de investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Araceli Salazar Correa

Fecha de nacimiento: 3 de abril de 1983

Lugar de nacimiento: Fresnillo, Zacatecas

CURP: SACA-830403-MZSLRR01

Profesión: Ingeniero Industrial

Cédula Profesional: 5354082

Desarrollo académico

Bachillerato: Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 1

Licenciatura: Ingeniero Industrial, 2001-2005, Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo

Posgrado: Maestría en Ciencias en Desarrollo Rural Regional, Universidad Autónoma Chapingo 2015-2017

RESUMEN

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SUSTENTABILIDAD DE LA AGRICULTURA FAMILIAR EN EL ESTADO DE ZACATECAS¹

La agricultura está directamente relacionada con la devastación ambiental en el planeta. Debido a los impactos ambientales negativos que ha generado la agricultura intensiva han surgido como alternativa prácticas agrícolas sustentables. El sistema de agricultura familiar representa el noventa por ciento de las explotaciones en el mundo. Para determinar el nivel de sustentabilidad de la agricultura familiar en el estado de Zacatecas fueron utilizados indicadores ambientales, económicos y sociales. Los puntos críticos fueron identificados y evaluados siguiendo el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales mediante Indicadores de Sostenibilidad (MESMIS). El noventa y dos por ciento de los agricultores familiares tienen un nivel medio o elevado de sustentabilidad ambiental. El sesenta y dos por ciento de los agricultores familiares obtuvieron un nivel bajo de sustentabilidad económico. Un nivel medio de sustentabilidad social fue asignado al noventa y dos por ciento de los productores de tipo familiar. El incremento en la mano de obra familiar empleada en las unidades de producción tiene un efecto negativo en el nivel de sustentabilidad económico. Esto puede deberse al hecho de que los ingresos por actividades agrícolas se distribuyen entre más personas, por lo tanto, no son suficientes para mantener un nivel de vida aceptable para todos los integrantes de la familia. El nivel de sustentabilidad social se ve positivamente modificado por el incremento en los ingresos por actividades agrícolas. Esto posiblemente ocurra por la falta de acceso a la educación de los productores con menores ingresos. Se concluye que la agricultura familiar en el estado de Zacatecas presenta niveles más altos de sustentabilidad en la dimensión ambiental y en la dimensión social con respecto de la agricultura considerada como no familiar.

Palabras clave: Agricultura sustentable, agricultura familiar, indicadores de sustentabilidad.

¹ Tesis de Maestría en Ciencias en Desarrollo Rural Regional, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Araceli Salazar Correa
Director de Tesis: Doctor Álvaro Llamas González

ABSTRACT

ASSESSMENT OF SUSTAINABILITY LEVEL OF FAMILY FARMING IN THE STATE OF ZACATECAS²

Agriculture is directly related to environmental devastation on the planet. Sustainable agricultural practices have emerged as an alternative to environmental negative impacts caused by intensive agriculture practices. The family farming system represents ninety percent of farms worldwide. Ecological, economic and social indicators were used for determining the family farming sustainability level in Zacatecas, México. Critical points were identified and assessed by following the MESMIS framework. About ninety-two percent of the family farmers have a medium or high level of environmental sustainability. Sixty-two percent of the family farmers get a low level of economical sustainability. A medium level of social sustainability was assigned to ninety-two percent of family farmers. Increased family labor employed on the farm has a negative effect on the economical sustainability level. This may be due to the fact that the income from agricultural activities are distributed amongst more people; therefore, they are not enough to keep an acceptable living standard for all the family members. The social sustainability level is positively modified thanks to the income by agricultural activities. This may happen by the lack of access to education to farmers with lower income. In conclusion, family farming in Zacatecas, México has higher sustainability levels in the environmental dimension and in the social dimension with respect to non-family farming.

Key words: Sustainable agriculture, family farming, sustainability indicators.

² Tesis de Maestría en Ciencias en Desarrollo Rural Regional, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Araceli Salazar Correa
Director de Tesis: Doctor Álvaro Llamas González

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Objetivo General.....	4
1.3 Hipótesis.....	5
1.4 Justificación	5
1.4.1 Justificación Teórica	6
1.4.2 Justificación social.....	7
CAPÍTULO 2. IMPACTO AMBIENTAL DE LA AGRICULTURA	9
CAPÍTULO 3. ANTECEDENTES	13
CAPÍTULO 4. MARCO TEÓRICO	17
4.1 Desarrollo Sustentable	17
4.2 Agricultura Sustentable.....	19
4.3 Agricultura Familiar	20
CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA	25
5.1 Metodología MESMIS.....	25
5.2 Justificación para el uso del marco MESMIS.....	27
5.3 Procedimiento de aplicación.....	28
5.3.1 Paso 1. Determinación del objeto de la evaluación	28
5.3.2 Paso 2. Identificación de los puntos críticos del sistema.....	28
5.3.3 Paso 3. Selección de indicadores.....	29
5.3.4 Paso 4. Medición y monitoreo de indicadores	29
5.3.5 Paso 5. Integración de resultados	29
5.3.6 Paso 6. Conclusiones y recomendaciones.....	30
CAPÍTULO 6. APLICACIÓN DEL MARCO MEMSIS AL CASO DE ESTUDIO.....	31

6.1 PASO 1. Caracterización del sistema de agricultura familiar del estado de Zacatecas	31
6.1.1 Características generales de la agricultura en Zacatecas	32
6.1.2 Condiciones económicas.....	33
6.1.3 Condiciones ambientales.....	34
6.1.4 Condiciones sociales	34
6.2 PASO 2. Identificación de los puntos críticos del sistema	35
6.2.1 Dimensión Ambiental.....	35
6.2.2 Dimensión Económica.....	43
6.2.3 Dimensión social	46
6.3 PASO 3. Selección de los criterios de diagnóstico e indicadores	48
6.4 PASO 4. Medición y monitoreo de los indicadores	52
CAPÍTULO 7. ANÁLISIS DE DATOS.....	53
7.1 PASO 5. Integración de resultados.....	53
7.2 Procedimiento para determinar el nivel de sustentabilidad por productor	56
CAPÍTULO 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
8.1 Características Generales de los Productores	59
8.1.1 Edad y sexo.....	59
8.1.2 Integrantes por familia	61
8.1.3 Escolaridad.....	62
8.1.4 Superficie de uso agrícola	63
8.1.5 Rendimientos en cultivos principales.....	64
8.1.6 Ingresos por actividad agrícola.....	65
8.2 Nivel de Sustentabilidad Ambiental	66
8.3 Sustentabilidad en el Manejo del Recurso Hídrico	69
8.4 Nivel de Sustentabilidad Económica.....	71
8.5 Nivel de Sustentabilidad Social.....	76
8.6 Correlación de variables	79
CONCLUSIONES	84
REFERENCIAS CITADAS.....	90

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Precipitación media anual (mm) para el año 2016 según estación meteorológica y municipio correspondiente	37
Cuadro 2. Disponibilidad media anual para el año 2015 según acuífero y municipio correspondiente.	41
Cuadro 3. Indicadores y variables para evaluar la Sustentabilidad en la dimensión Ambiental. Fuente de donde se obtuvieron los datos.	49
Cuadro 4. Indicadores y variables para evaluar la Sustentabilidad en la dimensión Económica. Fuente de donde se obtuvieron los datos	50
Cuadro 5. Indicadores y variables para evaluar la Sustentabilidad en la dimensión Social. Fuente de donde se obtuvieron los datos.	51
Cuadro 6. Clasificación y Estratificación de los productores.....	56
Cuadro 7. Nivel de sustentabilidad asignado según los atributos acumulados por cada productor en cada una de las dimensiones. Valor numérico asignado a cada nivel para su manejo estadístico.	57
Cuadro 8. Proporción de productores que cumplen con los indicadores ambientales propuestos para un manejo sustentable de la unidad de producción	66
Cuadro 9. Porcentaje de productores según el Nivel de Sustentabilidad Ambiental asignado y según el grupo y/o estrato al que pertenecen	67
Cuadro 10. Proporción de productores que cumplen con los indicadores económicos propuestos para un manejo sustentable de la unidad de producción.. ..	72
Cuadro 11. Porcentaje de productores según el Nivel de Sustentabilidad Económico asignado y según el grupo y/o estrato al que pertenecen.	73
Cuadro 12. Proporción de productores que cumplen con los indicadores sociales propuestos para un manejo sustentable de la unidad de producción.	77
Cuadro 13. Porcentaje de productores según el Nivel de Sustentabilidad Social asignado y según el grupo y/o estrato al que pertenecen.....	79

Cuadro 14. Coeficiente de Correlación entre variables que definen a la agricultura familiar y nivel de sustentabilidad ambiental, económico y social. Prueba t student.....80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El ciclo de evaluación en el MESMIS.....	30
Figura 2. Municipios que conforman la zona de estudio	32
Figura 3. Edad promedio de los productores.	60
Figura 4. Número promedio de integrantes por familia de los productores según estrato al que pertenecen. Número promedio de integrantes por familia a nivel nacional (INEGI, 2017).	61
Figura 5. Proporción de productores según su grado de escolaridad.	62
Figura 6. Superficie promedio (has) que trabaja el productor. Superficie promedio de uso agrícola familiar (SAGARPA, FAO, 2012). Superficie promedio (has) en unidades de producción con actividad agropecuaria o forestal en Zacatecas (INEGI, 2007).	63
Figura 7. Rendimiento promedio (ton) de los tres principales cultivos (frijol, maíz y chile) que manejan los productores encuestados según el estrato al que pertenecen. Rendimiento promedio (ton) de frijol, maíz y chile seco a nivel estatal y nacional (SIAP, 2017).....	64
Figura 8. Promedio de Ingresos anuales por actividades agrícolas. Precios en el medio rural obtenidos del Anuario Estadístico de Producción (SIAP, 2017).	65
Figura 9. Proporciones obtenidas en cada indicador de la dimensión ambiental en los estratos de agricultura familiar de subsistencia, en transición y consolidada.	70
Figura 10. Proporción de productores que cumplen con los indicadores propuestos para evaluar la sustentabilidad económica de la agricultura familiar en sus diferentes estratos considerados en este trabajo.	74
Figura 11. Proporción de productores que cumplen con los indicadores propuestos para evaluar la sustentabilidad social de la agricultura familiar en sus diferentes estratos considerados..	78
Figura 12. Nivel de sustentabilidad económico según la mano de obra familiar empleada en la unidad de producción	81

Figura 13.. Nivel de sustentabilidad ambiental según el total de ingresos por actividades agrícolas.	82
Figura14. Nivel de sustentabilidad social según el total de ingresos por actividades agrícolas.	83

INTRODUCCIÓN

La agricultura, uno de los principales sectores productivos de nuestro país, es un ejemplo contundente de la devastación ambiental (Llamas, 2012). Este sector debe alimentar a 7,347 millones de personas. Actualmente más del 40% de la superficie mundial se dedica a la agricultura y ganadería.

La agricultura participa de manera significativa en el deterioro de los recursos naturales ya que el 25% de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), el principal gas de efecto invernadero, proviene de actividades agrícolas (FAO, 2002). Algunos cultivos (como el arroz de humedales) y especies de ganado domesticado (rumiantes) son los principales emisores del metano atmosférico (FAO, 2002). La agricultura es una fuente fundamental de otro gas importante que contribuye al efecto invernadero: el óxido nitroso. La fertilización nitrogenada genera el 70% de los óxidos nitrosos atmosféricos (FAO, 2002). La superficie de bosques tropicales se está reduciendo en un 5% cada década (Chomitz, 2007). La labranza del suelo altera su estructura física, favoreciendo su erosión. Para el año 2000 la agricultura consumía el 70% del agua dulce del mundo (FAO, Comité de Agricultura, 2007).

La agricultura es asociada con métodos de producción no sustentables tales como el monocultivo, el uso de insumos químicos, y la explotación intensiva de mano de obra y recursos naturales. Un sistema agrícola no sustentable genera altos costos para el medio ambiente y la sociedad (Martínez, 2008). Por lo tanto, es necesario que los sistemas agrícolas emprendan la búsqueda hacia alternativas más sustentables que respondan a las necesidades del presente de forma igualitaria, pero sin comprometer las posibilidades de sobrevivencia y prosperidad de las generaciones futuras. El estudio de la sustentabilidad en la agricultura requiere un entendimiento de los sistemas y en particular de los

sistemas humanos y ambientales. Bajo este esquema es necesario identificar elementos tales como el incremento a la productividad, reducción del riesgo, protección de los recursos naturales, prevención de la degradación ambiental, viabilidad económica y aceptación social, que den cuenta de que existe un manejo sustentable de los sistemas agrícolas (Gutierrez, 2006).

La agricultura familiar es el estilo de agricultura que predomina en el mundo (Van der Ploeg, 2013). Es entendida como una forma de producción y de vida donde las unidades de producción agrícola utilizan principalmente mano de obra familiar y por lo regular la mayor parte de los ingresos provienen de la actividad agrícola (Sabourin, Samper, y Sotomayor, 2014). La agricultura familiar destaca por ser cuna de profundos conocimientos locales, donde a través del tiempo y de manera inconsciente participa en la conservación sostenible de los paisajes (Van der Ploeg, 2013). De la misma manera preserva los alimentos tradicionales contribuyendo al logro de una dieta equilibrada. Protege la biodiversidad agrícola del mundo mediante el empleo sostenible de los recursos naturales (FAO, 2014). La agricultura familiar, especialmente en los países en desarrollo, es un propulsor económico ya que emplea mano de obra local y por lo general propicia el comercio en la misma comunidad. La agricultura familiar aporta al menos el 56% de la producción agrícola a nivel global (FAO, 2014).

Es innegable la crisis ambiental que atraviesa el planeta. Sus efectos, como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, son cada vez más notorios. La agricultura ha estado directamente relacionada con la crisis ambiental. Desde siempre el hombre ha buscado ejercer control sobre los procesos naturales, y en este afán se han desarrollado sistemas agrícolas que contribuyen a la degradación ambiental poniendo en riesgo a los ecosistemas. De igual manera han surgido prácticas agrícolas sustentables como alternativa a los impactos negativos ambientales que ha generado la agricultura intensiva. El objetivo de este trabajo es evaluar la sustentabilidad del sistema de agricultura familiar en el estado de Zacatecas. La hipótesis que se plantea es que en el estado de Zacatecas el sistema de agricultura familiar presenta un mayor grado de sustentabilidad comparado con el sistema agrícola de tipo intensivo. La

investigación se pretende llevar a cabo adecuando una metodología para la evaluación de la sustentabilidad en sistemas complejos como es el agrícola. Dicha metodología permitirá generar niveles de sustentabilidad en tres dimensiones (ambiental, económica y social) mediante el monitoreo de indicadores que se encuentran relacionados íntimamente con los puntos críticos del sistema de agricultura familiar.

CAPITULO 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Tras la revisión de literatura se puede decir que no existe información documentada acerca de la sustentabilidad en los sistemas agrícolas que se llevan a cabo en el estado de Zacatecas. Por lo cual en este trabajo se pretende conocer el nivel de sustentabilidad ambiental, económico y social de dichos sistemas agrícolas, en particular de la agricultura familiar.

1.2 Objetivo General

Evaluar la sustentabilidad del sistema de agricultura familiar en el estado de Zacatecas mediante el uso de indicadores económicos, sociales y ambientales.

Para el logro del objetivo general se tiene como objetivos específicos:

- Caracterizar los sistemas de agricultura familiar y no familiar de los 19 municipios que comprende el área de estudio.
- Estratificar a los agricultores familiares según su integración al mercado.
- Adecuar una metodología para el análisis de la sustentabilidad en diversos sistemas agrícolas del estado de Zacatecas.

- Asignar, mediante el uso de indicadores ambientales, económicos y sociales, niveles de sustentabilidad ambiental, económico y social a los productores del sistema de agricultura familiar y del sistema de agricultura no familiar.
- Comparar los niveles asignados para ambos sistemas agrícolas y determinar cuál de ellos presenta más rasgos de sustentabilidad.
- Determinar la correlación existente entre los niveles de sustentabilidad y las características que definen a la agricultura familiar.

1.3 Hipótesis

El sistema de agricultura familiar en el Estado de Zacatecas presenta mayores rasgos de sustentabilidad que la agricultura considerada como no familiar.

1.4 Justificación

En este apartado se exponen las principales razones por las que es importante llevar a cabo esta investigación. Este trabajo trata de generar información que pueda abonar a los estudios de sustentabilidad en los sistemas agrícolas. La investigación pretende generar beneficios para las unidades económicas rurales mediante la obtención de información que refleje el potencial de las unidades de producción de tipo familiar.

1.4.1 Justificación Teórica

La agricultura en el estado de Zacatecas se caracteriza por enfrentar limitaciones ambientales y condiciones socioeconómicas adversas. Las limitaciones ambientales se deben de manera principal al clima, la disponibilidad de agua y la erosión de los suelos (Llamas y Foladori, 2012). Las condiciones climáticas en Zacatecas se distinguen por la alta frecuencia de sequías, heladas tempranas y tardías, lluvias torrenciales, así como vientos de gran intensidad. Dichas condiciones climáticas tienen relación directa con procesos como la eficiencia en la absorción de nutrientes, demanda de agua por las plantas duración de ciclos vegetativos y reproductivos (INIFAP, 2016).

Otra limitante ambiental para el estado de Zacatecas es la poca disponibilidad de agua. En el año 2015, catorce de los treinta y cuatro acuíferos de los que dispone la entidad presentaban un déficit en la disponibilidad del recurso hídrico que puede ser extraído, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas (CONAGUA, 2017). De la superficie sin vegetación en las unidades de producción del estado de Zacatecas, el 10.98% corresponde a superficie erosionada, ensalitrada o contaminada (INEGI, 2007). Aunado a esto, el sector rural atraviesa por un proceso de descampesinización ya que el 46.1% de los agricultores tienen una edad mayor a los 60 años lo que implica que los jóvenes no estén interesados en continuar con las labores agrícolas. Este sector también presenta una baja rentabilidad originada por el intercambio comercial desigual, así como la dependencia a los altos costos de los insumos ligados a los mercados energéticos (SEDAGRO, 2011).

En este contexto, el sistema de agricultura familiar en el estado de Zacatecas necesita ser evaluado desde la perspectiva del desarrollo sustentable, asumiendo que a la sustentabilidad la envuelven tres dimensiones: económica, social y ambiental. Este trabajo de investigación pretende contribuir a enriquecer el conocimiento relacionado al manejo de los sistemas agrícolas lo cual permitirá adquirir certeza sobre el potencial que posee el sistema de agricultura familiar en el estado de Zacatecas. También puede llegar a ser útil como referencia para

posteriores trabajos relacionados a sustentabilidad de otros sistemas agrícolas o bien en otras regiones.

Así pues, para los estudios relacionados al desarrollo rural se considera que es importante contar con información adecuada que permita identificar cual es el nivel de sustentabilidad de los sistemas agrícolas y así enfrentar uno de los retos planteados para la agricultura, que es el de lograr el aumento de la producción en las tierras que hoy se están explotando sin que esto implique una intensificación en las prácticas agrícolas.

1.4.2 Justificación social

El sector agropecuario del país es definido como prioritario y estratégico. Dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 se establece como uno de sus objetivos el construir un sector agropecuario y pesquero productivo que garantice la seguridad alimentaria del país mediante el fomento de la productividad en el sector agroalimentario, con un énfasis en proyectos productivos sostenibles (Gobierno de la República, 2013). De igual manera el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario promueve el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales del país mediante el impulso de prácticas sustentables en las actividades agrícolas (SAGARPA, 2013). Bajo este contexto, resulta de gran utilidad contar con un trabajo de investigación que brinde la información necesaria sobre los niveles de sustentabilidad de los sistemas de agricultura, para poder impulsar la generación de proyectos productivos sostenibles y contribuir directamente al logro de uno de los objetivos nacionales. En México se estima que la agricultura familiar representa al 81.3% de las unidades económicas rurales, es decir 4 331 134 unidades corresponden a agricultura familiar (SAGARPA, FAO, 2012). Si los resultados de este trabajo comprueban lo que se ha planteado desde un inicio, que el sistema de agricultura familiar en el estado de Zacatecas cuenta con mayor grado de sustentabilidad comparado con la agricultura no familiar, se podrán generar beneficios para las unidades económicas rurales de tipo familiar ya que se dispondrá de información

que constate que dichas unidades poseen el potencial para promover la construcción de un sector agropecuario productivo que garantice la seguridad alimentaria del país. De igual manera este trabajo busca que se mejore el bienestar social de la población rural.

CAPÍTULO 2. IMPACTO AMBIENTAL DE LA AGRICULTURA

Desde su aparición, la agricultura ha sido uno de los principales contribuyentes a la degradación ambiental. Ninguna otra actividad humana ha causado tanta alteración de los ecosistemas naturales desde la última edad de hielo (Llamas, 2012). De tal manera que la agricultura ha alterado drásticamente el 70% de los pastizales prehistóricos naturales, el 50% de las sabanas, 45% de los bosques templados y el 25% de los bosques tropicales (Foley, 2011).

Los métodos actuales de producción agrícola intensiva han provocado la pérdida de biodiversidad, la sobre explotación de recursos naturales y la contaminación del suelo, agua y aire (Hani, 2006). El cambio climático global es originado en gran parte por la actividad agrícola. La biodiversidad, tanto en los ecosistemas originales como dentro de los propios sistemas de producción agrícola, es uno de los factores que más ha sido afectado por la agricultura, aun cuando representa uno de los principales recursos en los cuales se fundamenta la propia agricultura.

Se estima que, desde el inicio de la agricultura, hace unos diez mil años, el hombre ha cultivado unas 7000 especies de plantas, mientras que en la actualidad sólo unas 30 especies constituyen el 90% de las plantas cultivadas en el mundo. El arroz, el trigo y el maíz constituyen la mitad del consumo mundial de alimentos (PNUMA, 2008). En cuanto a los ecosistemas naturales originales, la expansión de tierras cultivadas, pastos y plantaciones incrementa la deforestación de ecosistemas tropicales. Dichos ecosistemas están disminuyendo su extensión a una tasa aproximada del 5% decenal (Chomitz, 2007). Para las próximas décadas, la conservación de la biodiversidad, tanto dentro de los cultivos como fuera de ellos, representa una estrategia fundamental para enfrentar las variaciones climáticas asociadas al cambio climático.

La producción de alimentos requiere enormes cantidades de uno de los recursos más valiosos y escasos del mundo: el agua. En muchas regiones donde se practica la agricultura intensiva, producir un kilogramo de grano requiere unos 1000 litros de agua, y el cultivo de trigo consume desde 400 hasta 5000 litros de agua (De Fraiture y Wichelns, 2009). Actualmente, la agricultura de riego consume el 70% del agua dulce del mundo (FAO y Comité de Agricultura, 2007) y comprende el 20% de la tierra cultivada del mundo, representando el 40% de la producción agrícola mundial (Rosegrant, Ringler, y Zhu, 2009).

Además, el 33% de los suelos se encuentran degradados (FAO, 2016b), lo que ha provocado la pérdida de grandes superficies de producción agrícola (Chomitz, 2007). De la misma manera, la fertilidad del suelo ha disminuido en muchos lugares debido al pastoreo excesivo y al manejo inadecuado de los cultivos (Hani, 2006). En los últimos 40 años como resultado de la erosión, el 30% de las tierras laborables del mundo se han vuelto improductivas, lo que ha provocado su abandono (Pimentel, 2006).

El uso intensivo de pesticidas representa uno de los factores de mayor efecto en la degradación ambiental dada la elevada toxicidad de los compuestos químicos utilizados. En 1999 de los pesticidas utilizados a nivel mundial, el 44% correspondían a insecticidas, 30% a herbicidas y 21% a fungicidas, y 5% a otros (Aktar, Sengupta, y Chowdhury, 2009). Los efectos en el ser humano de la exposición de bajas dosis a largo plazo de algunos pesticidas han sido vinculados a afecciones tales como la supresión inmunológica, disrupción de algunas hormonas, disminución de la inteligencia, anormalidades reproductivas y cáncer (Aktar et al., 2009; Zhang, Zeiss, y Geng, 2015). Cada año se registran más de un millón de muertes o enfermos crónicos ligados a la exposición a los pesticidas (Zhang et al., 2015). Además de los efectos en la salud humana, los pesticidas contaminan el suelo, el agua y la vegetación. También los pesticidas matan insectos, aves y otros organismos que son inocuos a los cultivos, e incluso a algunos que son benéficos.

La agricultura es uno de los sectores productivos que más contribuye al cambio climático global, ya que junto a la deforestación y al cambio de uso de suelo,

aporta el 21% del total de las emisiones de los tres principales gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, metano y óxido nitroso (FAO, 2016b). Las emisiones de dióxido de carbono se deben a las pérdidas de materia orgánica del suelo, ya sea por el cambio de uso de las tierras forestales para la agricultura y la ganadería, como la propia degradación del suelo asociada a las labores agrícolas y al pastoreo. El gas metano se produce por el ganado rumiante durante el proceso de digestión, así como también por el estiércol almacenado y la fermentación asociada a los extensos cultivos de arroz. El óxido nitroso es el resultado de la aplicación de fertilizantes nitrogenados en las tierras de cultivo. Si se toma en cuenta las emisiones ligadas a todo el proceso de la cadena agroindustrial que incluye el gasto energético en la producción de los insumos agrícolas y el transporte, la cifra se eleva a un tercio de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (FAO, 2016b). Todos los efectos negativos de la degradación ambiental, particularmente aquellos ligados al cambio climático, se intensificarán después del 2030 en los sistemas de producción de alimentos (FAO, 2016b). Entre los efectos esperados se incluye una mayor variabilidad del clima, que impactará en la producción de alimentos y provocará una elevación de los precios de los mismos. Esta situación se prevé que afectará más a las personas y regiones con mayores niveles de pobreza.

Por todas estas contribuciones de la agricultura a la devastación del medio ambiente se hace evidente la urgencia de un manejo más sustentable de los sistemas agrícolas en todo el mundo, para lo cual la FAO advierte que:

Se necesita una amplia transformación de los sistemas alimentarios y agrícolas para garantizar la seguridad alimentaria mundial, proporcionar oportunidades económicas y sociales para todos, proteger los servicios ecosistémicos de quienes depende la agricultura y aumentar la resiliencia ante el cambio climático. (FAO, 2016b: xi)

La ONU reconoce que para satisfacer la creciente demanda mundial de alimentos (que será 60% superior a los niveles de 2006) es necesario impulsar

transformaciones profundas en los sistemas de producción agrícola. Estas transformaciones implican la implementación de estrategias de adaptación al cambio climático, ya que los efectos que éste ejerce sobre la agricultura pueden comprometer de manera considerable la capacidad de erradicar el hambre y lograr la seguridad alimentaria (FAO, 2016b). Por lo tanto, la agricultura actualmente juega un doble papel, el de verse afectado por las condiciones meteorológicas que han venido cambiando de manera drástica afectando los rendimientos de las cosechas, así como el de un sector productivo que contribuye de manera muy importante a la devastación ambiental.

Como respuesta a la importancia que representa la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, el 25 de septiembre de 2015, la Asamblea General de la ONU adoptó la agenda 2030 para el desarrollo sostenible, estructurada en torno a 17 objetivos y 169 metas, con la finalidad de hacer frente a los retos de la degradación ambiental global y el cambio climático. Estas metas abarcan las dimensiones económica, social y ambiental, las tres dimensiones que conforman la sustentabilidad. Las estrategias para alcanzar estas metas deberán implementarse durante los próximos 15 años (hasta el 2030). De estos 17 objetivos, el número 2 se define como “poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible” (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2016: 11). Dentro de las 8 metas de este objetivo, la número 2.4 establece puntualmente:

De aquí a 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo (pág.12).

CAPÍTULO 3. ANTECEDENTES

A continuación, se presenta una síntesis de la bibliografía que fue revisada y que sirve como referencia para este trabajo de investigación. Se cuenta con estudios que constatan la gran diversidad e importancia que tiene el concepto de agricultura familiar, así como la problemática y retos que tiene que enfrentar dicho sector. También se han revisado estudios donde se aborda el tema de la sustentabilidad en sistemas agrícolas. De este modo se pretende generar un punto de partida que exprese la situación actual acerca de la sustentabilidad en sistemas agrícolas particularmente en agricultura familiar.

Existen varios estudios que se han dado a la tarea de analizar el concepto de agricultura familiar. Para Schneider y Escher (2014) el término de agricultura familiar es una categoría social de reciente construcción en América Latina que busca una nueva connotación social, simbólica y de identidad y que está consiguiendo fuerza política y legitimidad social. Van der Ploeg (2013) sugiere que la agricultura familiar no se define tan solo por el tamaño pequeño de la explotación, sino que en la forma en que la familia desarrolla su actividad y la manera de vivirla. El trabajo de estudio hecho por la FAO en países de América Latina (FAO, 2014) muestra el análisis por país acerca del surgimiento de la agricultura familiar como objeto de política pública que ha evolucionado desde conceptos como “pequeña agricultura” “agricultura campesina” o “agricultura de subsistencia” involucrando desde luego los sistemas de producción basados en el núcleo familiar.

En el estudio “Políticas públicas y agriculturas familiares en América Latina y el Caribe (Sabourin, et al., 2014) se propone un conjunto de estudios de caso así como el análisis transversal de las políticas públicas que involucran a la agricultura familiar en países latinoamericanos; también ofrece para cada caso

de estudio las perspectivas y desafíos que la agricultura familiar deberá atender. El trabajo realizado en México por la FAO en coordinación con la SAGARPA (2012) señala que el desarrollo competitivo y sustentable de la agricultura familiar representa una alternativa oportuna para resolver los problemas que enfrenta el campo mexicano. Dicho trabajo caracteriza y dimensiona al segmento de la agricultura familiar con potencial productivo en México e identifica las principales restricciones económicas, ambientales y productivas que lo afectan. De igual manera propone recomendaciones que suponen la transformación de la participación económico-productiva de la agricultura familiar y esto a su vez contribuya a la superación de la pobreza rural, así como a la disminución del riesgo potencial que representa la inseguridad alimentaria.

Existen también diversos trabajos que dan cuenta de la importancia de la evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas. En el trabajo de Alturria, Fonzar, Ceresa, y Arnés (2014) se construyeron indicadores de tipo ambiental, económico y social para evaluar la sustentabilidad de los sistemas vitícolas en la Provincia de Mendoza Argentina. Primeramente, se determinaron los requisitos básicos que deberían cumplirse para que un viñedo sea sustentable. Enseguida se eligieron variables como autoconsumo, ingreso, diversificación para la venta, dependencia de subsidios, satisfacción de necesidades básicas, disposición a permanecer en la actividad, integración, manejo del suelo, manejo del agua, biodiversidad y manejo del cultivo. A partir de esto se elaboraron indicadores que fueron validados mediante la realización de encuestas a productores vitícolas de la zona de estudio. El estudio concluyó que la mayoría de los viñedos no alcanzan el total de los requisitos para ser sustentables. En lo que se refiere a la dimensión ambiental se determinó que existe un manejo poco sustentable de los recursos suelo y agua, lo cual afecta la permanencia a largo plazo de los viñedos.

Otro estudio es el que se llevó a cabo en la microcuenca Paso de Ovejas 1, Veracruz, México por Candelaria et al, (2014) donde se desarrolló un índice agregado para evaluar la sustentabilidad en los tres grupos de agroecosistemas presentes en la región. En primer lugar, se establecieron las dimensiones, indicadores y valores de sustentabilidad acordes al nivel jerárquico, y que fueron

definidos y ponderados con base en una consulta a expertos. Se usaron variables como: nivel de ingresos por agricultura, estacionalidad del ingreso agrícola, empleo extrafincas, seguridad alimentaria, pérdidas en cultivos, pérdidas en ganadería, renta de pasto, acceso a créditos, acceso a programas de asistencia social, organización con productores, comercialización de productos agrícolas, edad y escolaridad del responsable, escolaridad máxima en el agroecosistema, satisfacción por la agricultura, deseos del productor de continuar en agricultura, deseos del heredero de continuar en la agricultura, acceso a servicios básicos, presencia de enfermedad grave en la familia. Posteriormente, se entrevistó a los responsables de los diferentes agroecosistemas, con esto pudo obtenerse los valores umbrales para cada indicador y de esta manera poder evaluar la sustentabilidad por localidad y por grupos. El estudio concluyó que se realiza un manejo deficiente de los recursos naturales y productivos, no aprovechando el potencial de la región originando un bajo grado de sustentabilidad.

En el estado de Zacatecas, el estudio más cercano al tema de investigación que se pretende llevar a cabo es el realizado por Pasillas (2015) donde se evaluó el nivel de sustentabilidad de la ganadería familiar en el municipio de Jerez, Zacatecas. Se caracterizaron las dimensiones ambiental, social y económica. También se desarrolló una metodología que permite realizar evaluaciones cuantitativas del nivel de sustentabilidad en los sistemas de producción. Este trabajo manejó como variables los costos de producción, la relación costo-beneficio, la valoración cualitativa de las medidas preventivas para evitar la aparición de patologías en los animales, la carga animal, el porcentaje de sobrepastoreo, la valoración cualitativa de prácticas de manejo encaminadas a conservar suelo y agua, el porcentaje del estiércol utilizado como abono, el manejo del estiércol, la proporción de alimentos consumidos en la unidad familiar producidos en la misma, autosuficiencia de carne, leche y huevo, el porcentaje del total de las actividades productivas realizadas por la familia, la participación promedio familiar en actividades de la producción y el nivel de predisposición de la siguiente generación de continuar la producción. Se utilizó el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales mediante Indicadores

de Sostenibilidad (MESMIS). Se aplicaron encuestas con ítems de tipo ambiental, económico, y social. Los datos se procesaron mediante métodos estadísticos descriptivos y componentes principales. Se generó un índice de sustentabilidad, obteniendo un valor de 0.64, indicando que el sistema es sustentable, pero con un nivel cercano a entrar en crisis. Los resultados indican que la sustentabilidad está limitada por la dimensión ambiental lo que la convierte en un área de oportunidad para mejorar.

Después de llevar a cabo esta revisión de literatura se puede constatar que existen trabajos que indican la relevancia del concepto de agricultura familiar en el desarrollo rural. El concepto de agricultura familiar se transforma paulatinamente en una categoría útil y necesaria para entender la complejidad de la economía rural. Así pues, el reconocimiento de la heterogeneidad de la agricultura familiar permite proponer estudios focalizados y diferenciados que aporten elementos en la construcción de esta categoría social.

Existen también diversos estudios donde se han propuesto metodologías para evaluar el concepto de sustentabilidad dentro de sistemas agrícolas determinados. Dichas evaluaciones se realizan comparando dos parámetros de estudio, como puede ser en relación al tiempo, o bien, en relación a otro sistema en particular. De tal manera que se deberán obtener dos resultados que se puedan confrontar para poder ofrecer un resultado que ubique la situación actual del sistema analizado.

De la información analizada se puede concluir que no se cuenta con algún estudio que refleje datos sobre la situación actual del nivel de sustentabilidad de los sistemas de agricultura en Zacatecas, en especial de la agricultura familiar. Por tal motivo resulta relevante llevar a cabo dicha evaluación proponiendo una metodología adecuada que involucre las tres dimensiones de la sustentabilidad. Dicho estudio permitirá conocer el potencial que guardan los sistemas agrícolas familiares con respecto a los procesos ambientales, sociales y económicos que deriven en el impulso del desarrollo rural.

CAPÍTULO 4. MARCO TEÓRICO

En este apartado se desglosan los conceptos principales que dan fundamento a esta investigación. Dichos conceptos son desarrollo y agricultura sustentable, así como agricultura familiar.

4.1 Desarrollo Sustentable

Llamas (2012) hace una remembranza cronológica de como el concepto de desarrollo sustentable ha evolucionado a partir de la declaración de la alarma ambiental. En 1962 se publicó el trabajo *Silent Spring* por Rachel Carson donde se detallaban los efectos dañinos del uso excesivo de pesticidas como el DDT. Este libro representó el inicio del moderno movimiento ambientalista. También esta publicación marcó el arranque de las legislaciones en materia ambiental en Estados Unidos (Llamas, 2012).

El concepto de desarrollo sustentable tiene sus antecedentes en el “ecodesarrollo”, que se remonta a 1972 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, en Estocolmo. El concepto de ecodesarrollo ya indicaba su carácter multidisciplinario, al concebirse como un desarrollo deseable desde el punto de vista social, viable desde el punto de vista económico y prudente desde el enfoque ecológico (Llamas, 2012). En ese mismo año bajo solicitud del Club Roma (asociación privada integrada por científicos, empresarios y políticos) se publicó el libro *Los límites del crecimiento*. Dicho material abordó variables como población, producción industrial y agrícola, contaminación y el consumo de recursos naturales no renovables. Se obtuvieron tendencias proyectadas al siglo XXI, donde se preveía la existencia de crisis de producción industrial y agrícola, mayor mortandad de población por la

contaminación ambiental y la presencia de un posible estado estacionario al final del siglo (Llamas, 2012).

Desde 1987, a partir del Informe Brundtland, se asume que Desarrollo Sustentable es aquel que responde a las necesidades del presente de forma igualitaria pero sin comprometer las posibilidades de sobrevivencia y prosperidad de las generaciones futuras; comprendiendo tres aspectos: social, económico y ambiental. También el Informe establece que la pobreza, la igualdad y la degradación ambiental no pueden ser analizadas de una forma aislada. Así mismo señala que la pobreza es causa y consecuencia de los problemas ambientales. Actualmente en relación a la forma en que se asume el origen y la gravedad de los problemas ambientales se han desarrollado estrategias específicas para darles solución a dichos problemas. Esto ha permitido que coexistan diferentes visiones del desarrollo sustentable. Bajo este contexto existen distintos foros donde se discuten las diferentes visiones acerca de la sustentabilidad, destacando la visión de la sustentabilidad ecológica, la visión de la sustentabilidad social limitada y la visión de coevolución entre sociedad y naturaleza.

Sin embargo, para Gudynas (2004), el Informe Brundtland no refiere ningún cambio de rumbo, ya que reafirma la postura tradicional del desarrollo que se basa en el crecimiento económico y la apropiación de la naturaleza. De igual manera el Informe puntualiza que el concepto de desarrollo no puede estar separado del medio ambiente. Aun así, persiste la visión del desarrollo como sinónimo de crecimiento económico aceptando de manera implícita que para lograr un nivel de bienestar tiene como costo el deterioro ambiental.

Para 1992, se llevó a cabo la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro, llamada como la Cumbre de la Tierra. En dicha cumbre se acordó que es necesaria la protección ambiental, así como el desarrollo económico y social. En el año 2000, con la intención de erradicar la pobreza se aprobó la Declaración del Milenio de la ONU comprometiendo a países ricos y pobres a promover la dignidad humana y la igualdad, alcanzar la paz, la democracia y la sostenibilidad ambiental.

Actualmente, los países desarrollados han introducido al concepto de desarrollo sustentable el manejo apropiado de lo que resulte del uso de recursos renovables y no renovables. Es decir, el ritmo de la degradación de los recursos naturales renovables no debe sobrepasar al tiempo en el cual estos se renuevan. También el tamaño de los recursos naturales que el hombre puede usar no debe sobrepasar el nivel de su asimilación por la naturaleza. Por último, la reducción de los recursos no renovables puede ser justificada sólo mientras su uso no dañe las condiciones de vida de las generaciones futuras (Czerny y Córdova, 2015). En esta investigación se asume como concepto de desarrollo sustentable aquel que pretende garantizar las necesidades presentes y futuras de la humanidad y que es conformado por la interacción de la dimensión social, la ambiental y la económica.

4.2 Agricultura Sustentable

Es importante resaltar las características que distinguen a un sistema de agricultura sustentable. Esto resulta complejo debido a las diferentes posturas que existen para la comprensión del concepto de sustentabilidad. Para Altieri (1999), la mayoría de las definiciones de sustentabilidad incluyen por lo menos tres criterios: mantención de la capacidad productiva del agroecosistema, preservación de la diversidad de la flora y la fauna y capacidad del agroecosistema para automantenerse.

Otros autores mencionan la existencia de determinados pilares para el manejo sustentable de tierras en la agricultura. Dichos pilares son: incremento de la productividad, reducción del riesgo, protección de los recursos naturales, prevención de la degradación ambiental, viabilidad económica y aceptabilidad social (Candelaria et al., 2014). Por su parte la FAO sugiere que una agricultura y un desarrollo rural son sostenibles cuando son ecológicamente sanos, económicamente viables, socialmente justos, culturalmente apropiados y que se basan en un enfoque científico holístico (Llamas, 2012).

Para el presente estudio, atendiendo al concepto de Desarrollo Sustentable que surge a partir del Informe Brundtland en 1987 y que es conformado por las dimensiones económica, social y ambiental, se asume que la agricultura sustentable es aquel sistema de agricultura que produce alimentos para satisfacer las necesidades alimenticias de la población, llevando a cabo prácticas que favorezcan la conservación de los recursos naturales, asegurando la permanencia de los agroecosistemas a través del tiempo. También un sistema de agricultura sustentable debe proporcionar cierta conveniencia económica, así como preservar los lazos culturales y sociales de su entorno.

Las características que distinguen a la agricultura sustentable permiten identificar que existen sistemas de agricultura que se asemejan o cumplen de cierta manera con dichas características. Algunos sistemas agrícolas tradicionales se caracterizan por generar un impacto ambiental mucho menor, en términos del uso de recursos y de insumos, en contraste con la agricultura intensiva, caracterizada por un elevado insumo de agua, pesticidas, semillas mejoradas, maquinaria pesada y fertilizantes industrializados. Bajo estas consideraciones, la agricultura familiar es un sistema cuyas características podrían ubicarlo como una alternativa sustentable de producción agrícola.

4.3 Agricultura Familiar

Los orígenes del concepto de agricultura familiar están sustentados en la llamada “teoría de la unidad económica campesina” del ruso Alexander Chayanov, a comienzos del siglo XX, dónde señala que la organización de la economía campesina está determinada por la composición de la familia, su coordinación y sus demandas de consumo (FAO, 2014b). Para Chayanov, la granja campesina se diferencia de cualquier otro ente económico, por el hecho de que no existe relación capital-trabajo, ya que en sí misma, no es una unidad capitalista de producción (Van der Ploeg, 2015). A partir de esto, la unidad económica campesina es reconocida por sus propias características sociales y económicas que la hacen diferente a otros modos de producción e inserción en los mercados.

De esta manera, el concepto de agricultura familiar se comenzó a moldear, resaltando el trabajo familiar como su característica principal (FAO, 2014). La heterogeneidad que identifica al sector agrícola a nivel mundial ha dificultado el poder establecer una definición concreta de agricultura familiar (FAO, 2014b). Para Schneider y Escher (2014), el término de agricultura familiar, en América Latina, es una categoría social de reciente construcción que busca una nueva connotación social, simbólica y de identidad y que está consiguiendo fuerza política y legitimidad social. Van Der Ploeg (2013) considera a la agricultura familiar como una forma de vida que se distingue por la manera en que la familia desarrolla su actividad y la manera de vivirla, destacando ciertas cualidades como el que la “finca” es el lugar que provee la mayor parte de la fuerza de trabajo para los integrantes de la familia, el nexo que existe entre la familia y la “finca”, la conectividad de ésta con el medio ambiente, la capacidad de mantener los lazos culturales con la comunidad, entre otras.

En 2012, Garner y de la O (2014) llevaron a cabo una investigación sobre las distintas definiciones que existen sobre agricultura familiar. En este estudio se reafirmó la gran diversidad existente entre las definiciones analizadas, haciendo muy difícil su equiparación. No obstante, Garner y de la O (2014) encontraron elementos que fueron manejados en la mayoría de las definiciones analizadas. Los elementos que mayor presencia tuvieron en las definiciones fueron: el rol del trabajo familiar dentro de la granja, el manejo de la misma por el jefe o jefa de familia, el tamaño de la explotación, así como la principal fuente de ingresos.

La FAO, atendiendo a la gran diversidad de matices que puede tener la agricultura familiar, se dio a la tarea de tratar de unificar conceptos que puedan describirla de manera general. Por lo tanto, para el año 2014 propone la siguiente definición:

La agricultura familiar (incluyendo todas las actividades agrícolas basadas en la familia) es una forma de organizar la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca, acuicultura y pastoreo, que es administrada y operada por una familia y, sobre todo, que depende predominantemente del trabajo

familiar, tanto de mujeres como de hombres. La familia y la granja están vinculadas, co-evolucionan y combinan funciones económicas, ambientales, sociales y culturales. (Lowder, Skoet, y Singh, 2014 p 7)

La importancia de la agricultura familiar en el mundo es innegable. Alrededor del 90 % de los 570 millones de granjas del mundo son de propiedad de las familias que las explotan (FAO, 2017). Las más de 500 millones de explotaciones agrícolas familiares aportan al menos el 56% de la producción agrícola a nivel global. De manera general, los agricultores familiares explotan una parte importante de las tierras cultivables del planeta. Los promedios regionales son: 85% en Asia, 62% en África, el 83% en Norteamérica y Centroamérica, el 68% en Europa y el 18% en América del Sur (FAO, 2014b).

La agricultura familiar utiliza ampliamente conocimientos locales y de manera inconsciente participa en la conservación sostenible de los paisajes. También contribuye a la protección de la biodiversidad agrícola del mundo mediante el empleo sostenible de los recursos naturales. La agricultura familiar, especialmente en los países en desarrollo, emplea mano de obra predominantemente local y por lo general propicia el comercio en la misma comunidad (FAO, 2014a).

Un ejemplo representativo de la contribución de la agricultura familiar en América Latina es el de Brasil, donde los agricultores familiares proporcionan en promedio aproximadamente el 40% de la producción de algunos de los principales cultivos, empleando menos del 25 por ciento de la tierra. Por otra parte, en países desarrollados como Estados Unidos los agricultores familiares generan el 84% de toda la producción agrícola, con ventas por un total de 230 000 millones de dólares EEUU empleando el 78% de todas las tierras agrícolas (FAO, 2014). Estados Unidos es el productor agrícola más importante a nivel mundial, también es el mayor consumidor y el que más altos subsidios otorga a sus productores (Torres, 2012). Sin embargo, en los países industrializados, las corporaciones líderes en el ramo agroalimentario, incluyendo compañías de producción de agroquímicos y de semillas, involucran prácticas para una elevada intensificación

de la producción de granos y cereales limitando de esta manera la diversificación de la agricultura (Altieri y Nicholls, 2000).

En México se estima que la agricultura familiar representa al 81.3% de las unidades económicas rurales, correspondiente a 4'331,134 unidades de producción rural (SAGARPA, FAO, 2012). La tipificación que proponen los organismos gubernamentales en México para la agricultura familiar considera tres estratos: agricultura familiar de subsistencia que está orientada exclusivamente para el autoconsumo; agricultura familiar en transición que destina su producción al autoconsumo así como a la venta en el mercado, pero que presenta dificultades para generar ingresos y producción suficiente para la reproducción familiar; agricultura familiar consolidada que cuenta con sustento suficiente en la producción propia y acceso a mercados locales (SAGARPA, FAO, 2012).

Después de hacer una revisión a la literatura más destacada sobre agricultura familiar se puede decir que las características que distinguen a este sistema agrícola son las siguientes:

- Acceso limitado a recursos de tierra y capital.
- La mayor parte de la fuerza de trabajo proviene de la familia, siendo el jefe (a), quien se encuentra directamente como participante en el proceso productivo siendo un trabajador más del núcleo familiar.
- El tamaño de la explotación y/o de la producción es un factor determinante para su clasificación (FAO, 2014).
- Para Van der Ploeg (2013) la agricultura familiar cuenta con las siguientes cualidades: la familia posee el control de los principales recursos que se utilizan en la finca la explotación familiar es donde la familia proporciona la mayor parte de la fuerza de trabajo, existe un nexo entre la familia y la explotación de donde giran muchas decisiones sobre el desarrollo de la familia. La agricultura familiar proporciona a la familia una parte o la totalidad de su renta. La explotación familiar es sin duda el hogar de la familia campesina, donde se vive la vida, donde los niños crecen.

- Cada finca o explotación familiar es un compendio de recuerdos que forman una historia particular única e irrepetible, el lugar donde se adquiere la experiencia y el conocimiento se conjuga es la explotación familiar indudablemente porque se intercambian saberes, y se acumulan como tesoros del conocimiento (Van der Ploeg, 2013).
- En las agriculturas familiares se trabaja en armonía con la naturaleza, usando procesos naturales, donde se respetan los equilibrios ecológicos.
- La identidad social que se le atribuye a la agricultura familiar tiene como base un variado contingente social que normalmente se encuentra marginado, y no cuenta con el suficiente acceso a los medios de producción ni a los recursos naturales. (Schneider y Escher, 2014).
- La identidad política de la agricultura familiar en América Latina se le considera que aún es un proceso en construcción con varias definiciones por armar debido a la inexistencia de una agenda común entre organizaciones para poder crear vínculos estratégicos (Schneider et al., 2014).

Los conceptos y visiones que se han desarrollado en este apartado se consideran pertinentes para poder explicar el fenómeno de estudio a que se refiere este trabajo. Se pretende que el marco teórico expuesto en párrafos anteriores permita evaluar la sustentabilidad del sistema de agricultura familiar en el estado de Zacatecas. Así pues, esta conceptualización dará la pauta para llevar a cabo un análisis adecuado de los tres enfoques que contempla la sustentabilidad: ambiental, económico y social.

CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA

En este apartado se hace una descripción de la manera en que se llevó a cabo esta investigación. La sustentabilidad puede ser evaluada mediante diferentes métodos. La metodología MESMIS (Maser, Astier, y López, 2000) es un marco que permite evaluar de manera flexible los rasgos de sustentabilidad en sistemas complejos. La flexibilidad de la metodología MESMIS permitió incluir en el análisis de datos, la obtención de relaciones estadísticas entre variables. Lo anterior con el fin de conocer el grado de asociación entre ellas mismas. Por lo tanto, en este capítulo se detalla en que consiste el marco MESMIS, así como sus implicaciones en la medición de la sustentabilidad en los sistemas agrícolas.

5.1 Metodología MESMIS

El desarrollo sustentable enfrenta el reto de diseñar marcos operativos que permitan evaluar de manera tangible la sustentabilidad en diferentes sistemas (Maser, et al., 2000). El concepto de sustentabilidad necesita de esquemas que integren las características y las implicaciones ecológicas, sociales y económicas de un sistema determinado. El Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) está dirigido a sistemas agrícolas, forestales y pecuarios y pretende servir como apoyo para hacer operativo el concepto de sustentabilidad. Este marco brinda una perspectiva multifacética para la sustentabilidad de los sistemas de manejo que surgen de la concurrencia de procesos ambientales con el ámbito social y económico (Maser, et al., 2000).

El enfoque MESMIS aporta elementos que ayudan a establecer un conjunto de indicadores ambientales, sociales y económicos que permitan entender el

comportamiento y funcionamiento de los sistemas agrícolas. Estos indicadores permitirán identificar como único, dentro de su contexto, a cada sistema evaluado. El marco MESMIS permite a su vez la comparación entre el sistema vigente manejado y sistemas alternativos para de este modo hacer operativo el concepto de sustentabilidad. Entre las consideraciones más importantes que el marco MESMIS implica para la evaluación de la sustentabilidad en un sistema de manejo dado se encuentra el de la búsqueda de un desarrollo social justo y ambientalmente saludable mediante una estructura cíclica y flexible (Masera, et al., 2000). También el marco MESMIS es un promotor de la discusión y retroalimentación de los implicados en la evaluación.

Para evaluar la sustentabilidad en un sistema agrícola es necesario integrar los atributos generales de los agroecosistemas sustentables con el objetivo de establecer un marco operativo para el análisis del comportamiento de dicho sistema. Masera et al. (2000) consideran que los atributos con los que debe contar un sistema de manejo para ser apreciado como sustentable son:

- Productividad. Es la habilidad del agroecosistema para abastecer los bienes y servicios necesarios.
- Equidad. Capacidad del sistema para distribuir la productividad de una manera justa.
- Estabilidad. Propiedad del sistema para mantener un equilibrio en la productividad a lo largo del tiempo bajo condiciones normales.
- Resiliencia. Capacidad de retomar o mantener el estado de equilibrio después de que el sistema haya sufrido perturbaciones importantes.
- Confiabilidad. Habilidad para mantenerse en niveles cercanos al equilibrio cuando ocurran perturbaciones normales en el ambiente.
- Adaptabilidad. Propiedad del sistema de acertar con nuevos niveles de equilibrio ante cambios de largo plazo en el ambiente.
- Autodependencia. Capacidad para controlar y regular las interacciones del sistema con el exterior.

Estos atributos obedecen a la optimización del agroecosistema en su conjunto y no en la maximización de los rendimientos en un corto plazo. Es importante también que dichos atributos se contemplen desde una perspectiva sistémica y se logre entender al agroecosistema como un todo. De esta manera se podrán cubrir diversos objetivos que respondan a las tres dimensiones de la sustentabilidad: ambiental, económica y social.

5.2 Justificación para el uso del marco MESMIS

La evaluación de la sustentabilidad en los sistemas de manejo requiere de enfoques interdisciplinarios e integradores que aborden los procesos ambientales, económicos y sociales y sus propias interacciones. Los sistemas agrícolas son sistemas complejos donde interactúan una gran cantidad de aspectos ya que indiscutiblemente se hace uso de recursos naturales, participan personas desde diferentes trincheras y existen procesos económicos que de facto se dan en cualquier sistema productivo. Por lo tanto, el marco MESMIS resulta conveniente para ayudar a cumplir los objetivos de esta investigación ya que con la flexibilidad y adaptabilidad del método se podrá hacer operativo el concepto de sustentabilidad.

El marco MESMIS (Maser, et al.,2000) es propuesto para llevarse a cabo de manera cíclica y flexible que puede ser incorporada a los diferentes recursos de los que se dispone. Esta investigación tiene que adecuarse a determinado lapso de tiempo y determinados recursos por lo que el marco MESMIS resulta de gran apoyo por la adaptabilidad al tipo de evaluación que se desee realizar. Otra importante ventaja de este marco es que permite la comparación ya sea de dos sistemas de manejo diferente o bien de un mismo sistema en función del tiempo. La intención de este trabajo es evaluar la sustentabilidad del sistema de agricultura familiar en el estado de Zacatecas y a su vez hacer una comparación con otro tipo de sistema agrícola.

5.3 Procedimiento de aplicación

El marco MESMIS se propone ser aplicado mediante un proceso cíclico que permita fortalecer al sistema que se está evaluando. En la figura 2 se muestra el ciclo de evaluación para la aplicación del marco MESMIS. Dicho ciclo se lleva a cabo en seis pasos donde se establece el sistema que será evaluado, así como los puntos críticos que comprometen a la sustentabilidad del mismo. Se establecen indicadores que permitan monitorear los atributos de sustentabilidad del sistema que se está evaluando. Al final se deberá hacer las recomendaciones necesarias para el fortalecimiento de la sustentabilidad en el sistema evaluado, así como del método de evaluación. Enseguida se describen los pasos que se deben seguir para la aplicación del marco MESMIS (Masera, et al.,2000).

5.3.1 Paso 1. Determinación del objeto de la evaluación

Este paso consiste en identificar y caracterizar el sistema de manejo que se va a analizar, incluyendo el contexto socioambiental en dónde se encuentra inmerso. Una descripción clara de los componentes biofísicos del sistema deberá ser incluido, así como también entradas y salidas que el propio sistema implica, las prácticas agrícolas que se llevan a cabo, así como las características socioeconómicas de los productores (Masera, et al., 2000).

5.3.2 Paso 2. Identificación de los puntos críticos del sistema

Se requiere hacer un análisis sobre los aspectos o procesos que limitan o fortalecen la capacidad de los sistemas para sostenerse en el tiempo. Es decir, se pretende identificar los factores o procesos ambientales, técnicos, sociales y económicos que pueden tener un efecto crucial en la supervivencia del sistema en cuestión. Lo importante en este punto es saber identificar los puntos más

vulnerables y robustos que presenta el sistema, para de esta manera dar énfasis en su análisis y los resultados sean verdaderamente relevantes.

5.3.3 Paso 3. Selección de indicadores

En este paso, se establecen los indicadores que permitirán evaluar el grado de sustentabilidad del sistema que se está analizando. Los indicadores describen un proceso específico y deben ser flexibles, integradores y fáciles de medir. Deberán establecerse indicadores ambientales, económicos y sociales que proporcionen información veraz del sistema que se esté evaluando.

5.3.4 Paso 4. Medición y monitoreo de indicadores

Este paso consiste en definir el procedimiento que se utilizará para obtener la información necesaria, así como para su medición y monitoreo. Existen diferentes maneras de obtener información que permita medir y monitorear los indicadores antes propuestos. La revisión bibliográfica que permite determinar tendencias, las mediciones directas, la simulación experimental en campo, encuestas, entrevistas formales e informales, así como técnicas llevadas de manera grupal.

5.3.5 Paso 5. Integración de resultados

Este paso consiste en resumir e integrar los resultados obtenidos mediante el monitoreo de los indicadores. La integración de resultados deberá exponer de manera clara fortalezas y problemas del sistema que se esté evaluando. Debido a la amplia variedad de información se recomienda utilizar un método multicriterio, que posiblemente permita obtener índices agregados para los sistemas analizados. También se recomienda el uso de gráficos para dar mayor entendimiento a los resultados obtenidos.

5.3.6 Paso 6. Conclusiones y recomendaciones

En base a los resultados obtenidos se deberá estar en condiciones de emitir un juicio que califique al sistema en el que se ha venido trabajando. En este paso también es necesario plantear estrategias y recomendaciones que favorezcan al concepto de sustentabilidad. A partir de esto, se puede dar inicio el nuevo ciclo de evaluación en el sistema de manejo.

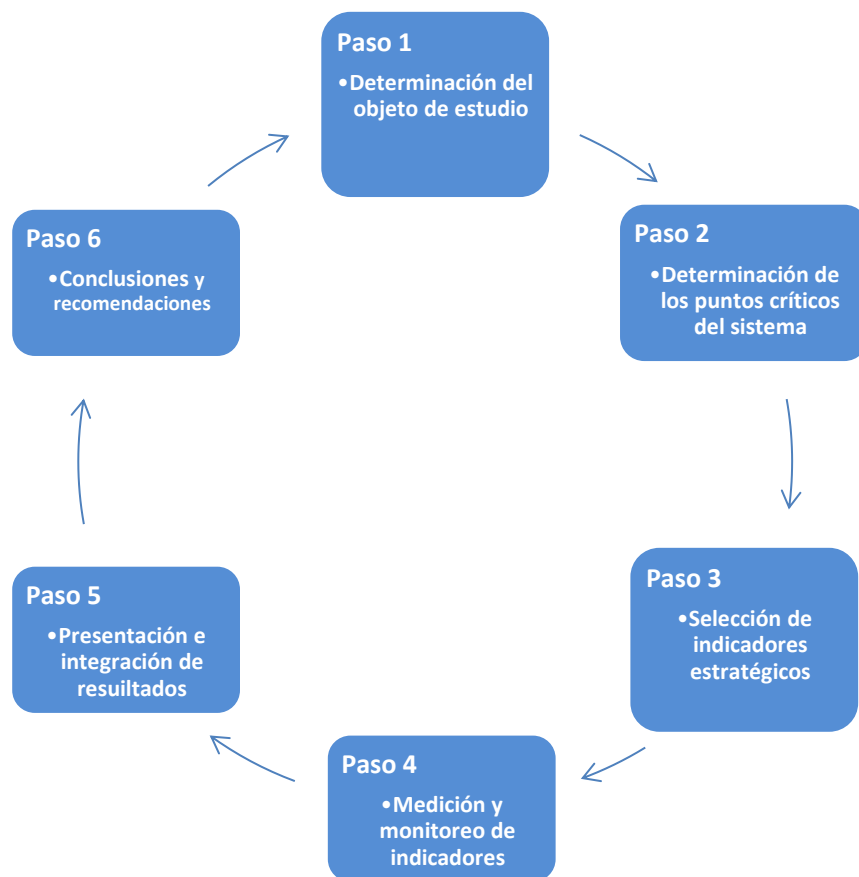


Figura 1. El ciclo de evaluación en el MESMIS.

FUENTE: Elaboración propia.

CAPÍTULO 6. APLICACIÓN DEL MARCO MESMIS AL CASO DE ESTUDIO

En este capítulo se detalla cómo es que el marco MESMIS fue aplicado para tratar de evaluar la sustentabilidad en el sistema de agricultura familiar en el estado de Zacatecas. Como se mencionó anteriormente este marco se adecuó a las características que esta investigación implica y al marco teórico que se ha manejado. Los pasos del 1 al 4 se exponen en esta sección. Los pasos 5 y 6 quedarán plasmados en los siguientes capítulos.

6.1 PASO 1. Caracterización del sistema de Agricultura Familiar del estado de Zacatecas

El sistema de agricultura familiar es el sistema de manejo agrícola que se evaluó en este trabajo de investigación. Esta evaluación se acotó al estado de Zacatecas en 19 municipios de los 58 que componen la entidad federativa (Figura 2). Estos 19 municipios comprenden el 41% de la superficie con actividad agropecuaria o forestal en el estado. La información necesaria para este trabajo se obtuvo de diferentes fuentes, como una encuesta aplicada a productores del estado en el año 2014 por parte de docentes de la Universidad Autónoma Chapingo (CRUCEN) en conjunto con personal del INCA Rural del estado, con la finalidad de caracterizar a la agricultura familiar de la entidad federativa. El tamaño de muestra que se utilizó en dicha encuesta fue de 185 unidades de producción retomando datos de tipo cualitativo y cuantitativo para su procesamiento. También fueron utilizadas fuentes estadísticas y bases de datos disponibles de manera electrónica.

La caracterización del sistema de agricultura familiar en el estado de Zacatecas permitirá identificar los elementos más importantes que de alguna manera dan forma a este sistema. Se hace una breve descripción de las características generales de la agricultura en el estado de Zacatecas.

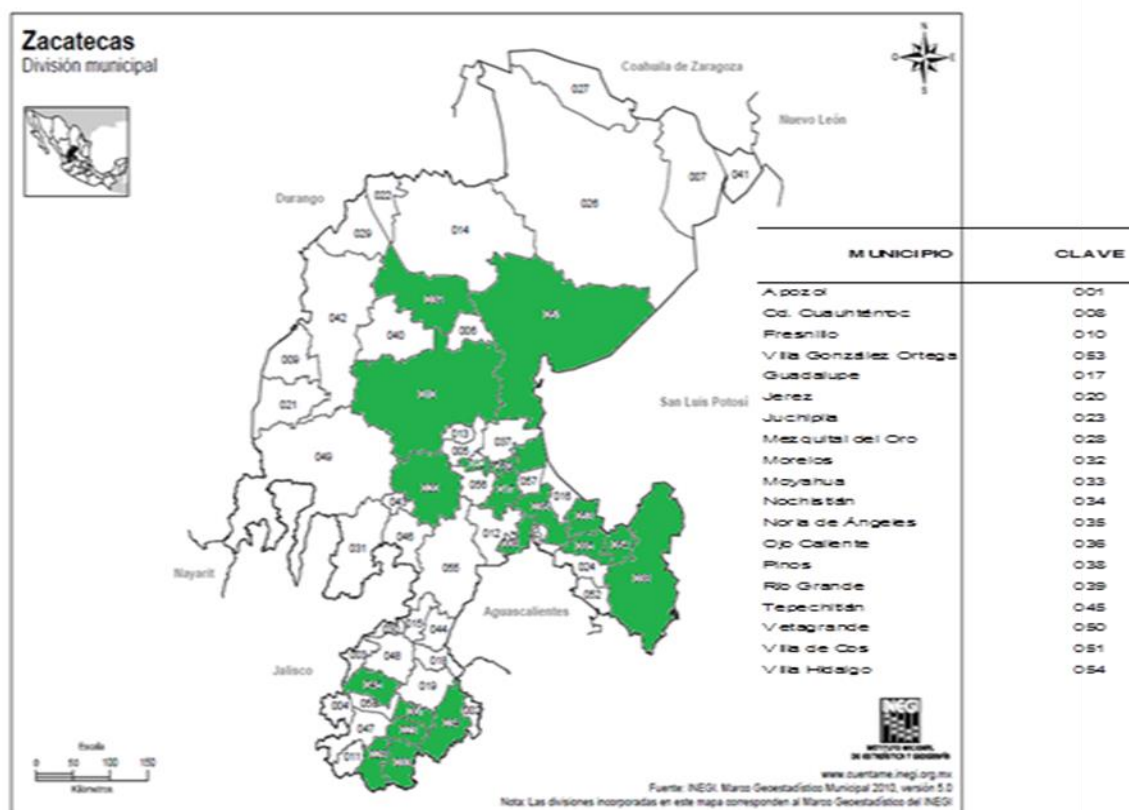


Figura 2. Municipios que conforman la zona de estudio

Elaboración propia con datos de INEGI

6.1.1 Características generales de la agricultura en Zacatecas

El sector rural del estado de Zacatecas se ha caracterizado por presentar rezagos en productividad y bienestar de la población rural. Según el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario de Zacatecas 2011-2016 (SEDAGRO, 2011) el sector rural está integrado por 137,000 familias que conforman a una sociedad compleja donde predomina la diversidad social, política, económica y cultural. De

la población ocupada en el estado de Zacatecas, el 22.12% trabaja en el sector agropecuario (INEGI, 2016). La población rural obtiene la mayor parte de sus ingresos provenientes de actividades agropecuarias, aunque también se obtienen ingresos provenientes de apoyos de gobierno y remesas producto de la migración hacia Estados Unidos (Llamas, 2012). Este sector se dedica principalmente a la producción de frijol, maíz, forrajes, hortalizas y frutales como el durazno, guayaba, tuna, vid, entre otros. El uso de suelo agrícola corresponde al 36% del total de la superficie, de los cuales el 13% corresponde a tierra agrícola de riego donde se produce principalmente frijol, maíz, chile, cebolla tomatillo, zanahoria y jitomate, alfalfa, guayabo, durazno, vid y praderas. El 87% de las tierras cultivables son de temporal con productos como frijol, maíz, avena forrajera y algunos frutales (SEDAGRO, 2011).

6.1.2 Condiciones económicas

En Zacatecas las actividades primarias (agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza) contribuyen con el 8% del PIB estatal. Las actividades secundarias (minería, construcción, industrias manufactureras) aportan el 45% y las terciarias (comercio y servicios) aportan el 47% del PIB del estado (INEGI, 2014). Según SEDAGRO (2011), la agricultura de temporal aporta más de 4 mil 264 millones de pesos en valor de la producción, mientras que la agricultura de riego aporta más de 5 mil 900 millones de pesos como valor de la producción. Destaca la producción de chile seco aportando el 46.43% de la producción nacional, así como la de frijol con el 29.58%, ajo con el 28.01%, tuna con el 24.54% y cebolla con 11.70% (SEDAGRO, 2011). El sector agropecuario enfrenta problemas como la baja rentabilidad, competencia desleal, difícil acceso a créditos, comercialización dominada por intermediarios, poco valor agregado a los productos del campo, entre otros.

6.1.3 Condiciones ambientales

El sector rural zacatecano enfrenta condiciones ambientales desfavorables ya que existe una importante degradación de suelos por erosión eólica e hídrica y procesos de salinización por uso de aguas salinas (SEDAGRO, 2011). Existe también deforestación derivada de incendios, tala inmoderada y sobrepastoreo. El 75% de la superficie es árida o semiárida lo que provoca dificultades serias para elevar la productividad. El estado de Zacatecas es considerado como una región altamente vulnerable a los efectos del cambio climático con notorios aumentos de temperatura en estaciones primavera-verano y bruscos descensos de temperatura en otoño e invierno. Además, se presentan con frecuencia heladas que incurren en un riesgo potencial para los cultivos (Llamas, 2012). Otro de los riesgos climatológicos para los cultivos son las sequías, lluvias torrenciales y vientos de gran intensidad. En lo que respecta a la agricultura de riego en muchos pozos se ha dejado de extraer agua porque ya la profundidad es a mayor a los 300 metros. Se considera que el 32% de los acuíferos del estado han sido sobre explotados (Llamas, 2012).

6.1.4 Condiciones sociales

En Zacatecas se presenta el proceso de descampesinización ya que el 46.1% de los productores son mayores a los 60 años, lo que indica que las generaciones más jóvenes deciden no dedicarse a las labores agropecuarias. En el medio rural existen altos niveles de pobreza, subalimentación y desnutrición en comunidades marginadas y bajo nivel educativo. Sin dejar a un lado el alto índice de migración que existe hacia áreas urbanas del país o hacia Estados Unidos (SEDAGRO, 2011).

La agricultura en el estado de Zacatecas se ha caracterizado por presentar serias dificultades ambientales, económicas y sociales que derivan en bajos niveles de

productividad y bienestar para la población rural. Las características ambientales del entorno rural son altamente restrictivas ya que cada vez es más frecuente que los cultivos sean dañados por eventos climatológicos inesperados. Aunado a esto, el uso inconsciente del agua para riego ha provocado el abatimiento de los mantos acuíferos. La agricultura en el estado también tiene que afrontar dificultades para sobrevivir en la lógica del sistema capitalista ya que existen condiciones desfavorables como competencia desleal, precios muy bajos, coyotaje, entre otros, que originan la baja rentabilidad y por consecuencia la necesidad de buscar otras fuentes de ingresos. Existen también problemas de tipo social como los altos niveles de pobreza, mala alimentación y desnutrición que se encuentran presentes en la población rural del Estado.

6.2 PASO 2. Identificación de los puntos críticos del sistema

En el paso anterior se detalló el sistema de agricultura familiar en el estado de Zacatecas, ahora en este paso es necesario identificar claramente los aspectos que en algún momento dado pueden fortalecer o quebrantar la estabilidad del sistema. Estos aspectos deberán responder a los atributos que se consideraron en el marco teórico que identifican o caracterizan a un sistema sustentable agrícola. Los factores críticos establecidos corresponden a alguna de las dimensiones que asumimos tiene la sustentabilidad.

6.2.1 Dimensión Ambiental

Características agroecológicas óptimas para el cultivo de frijol

En México, el frijol es la leguminosa que más se consume, obteniendo de ella el 36% de la ingesta diaria de proteínas (Lara, 2015). En el año 2016, el estado de Zacatecas aportó a la producción nacional de frijol 386,861 toneladas, lo cual representa el 45.12% con una superficie sembrada de 614 082 hectáreas (SIAP,

2017). El desarrollo óptimo de los cultivos agrícolas depende de un conjunto de factores del entorno físico (Llamas y Foladori, 2012). Es decir, existen características agroecológicas para el desarrollo óptimo de cada cultivo en particular. Estas características pueden ser: temperatura, precipitación, latitud, altitud, pH del suelo, intensidad de la luz, profundidad del suelo, salinidad del suelo, drenaje del suelo, entre otras (SAGARPA, FAO, 2012).

Para el caso del frijol, la precipitación anual (mm) puede determinar el potencial productivo de los municipios del Estado de Zacatecas de dicho cultivo. La precipitación media anual óptima para la producción de frijol va de los 500 mm a los 2000 mm. La temperatura es otro de los factores que condicionan el desempeño de los cultivos. El cultivo de frijol requiere una temperatura que va de los 16 a los 25°C para un óptimo desarrollo. Otro factor importante es el pH del suelo ya que controla muchos de los procesos químicos que se dan en los procesos agrícolas. El pH del suelo que el cultivo de frijol ocupa para su progreso va de 5.5 a 7.5, es decir se requieren de suelos ácidos y neutros para poder producir frijol en condiciones óptimas.

Estas características agroecológicas sirven como referencia para determinar el potencial productivo del estado de Zacatecas para el cultivo de frijol. Dada la importancia histórica que tiene este cultivo para el estado, es muy importante conocer si en realidad la superficie agrícola posee las características mencionadas. En este caso, sólo se trabajó con la precipitación media anual (mm) ya que el recurso hídrico es considerado como crítico según las condiciones meteorológicas del estado (Cuadro 1).

Conservación de recursos

El modelo de agricultura industrial, después de la segunda guerra mundial, ha buscado sustituir la función que siempre había cumplido la biodiversidad (Ferguson et al., 2009). La producción agrícola de tipo industrial por lo regular maximiza el uso de energía fósil mediante el uso de diversas maquinarias, fertilizantes químicos, semillas mejoradas, entre otros (Toledo, Alarcón Chaires, y Barón, 2002). Las prácticas de conservación de suelos sirven para mejorar y

proteger la estructura del suelo, su biología, su capacidad de retención de humedad y los diferentes mecanismos involucrados en el reciclaje de los nutrientes (Altieri y Nicholls, 2000). A través de prácticas agrícolas como los policultivos, rotaciones, agrosilvicultura, uso de semilla criolla se genera diversidad y complejidad de los sistemas agrícolas lo cual encamina al logro de sustentabilidad (Altieri y Toledo, 2011).

Cuadro 1. Precipitación media anual (mm) para el año 2016 según estación meteorológica y municipio correspondiente.

Municipio	Estación meteorológica	Precipitación media anual (mm)
Apozol	UPSZ El Remolino	644.50
Cd. Cuauhtémoc	El Alpino	438.10
Fresnillo	Abrego	336.60
Villa González Ortega	Estancia de Ánimas	384.40
Guadalupe	Unidad Académica Biología	428.60
Jerez	Santa Rita	415.70
Juchipila	UPSZ El Remolino	644.50
Mezquital del Oro	CBTA Tepechitlán	572.60
Morelos	Campo Experimental Zacatecas	594.90
Moyahua	UPSZ El Remolino	644.50
Nochistlán	UPSZ El Remolino	644.50
Noria de Ángeles	Estancia de Ánimas	384.40
Ojo Caliente	El Alpino	438.10
Pinos	La Victoria	436.40
Río Grande	Col. Progreso	452.50
Tepechitlán	CBTA Tepechitlán	572.60
Vetagrande	Campo Experimental Zacatecas	594.90
Villa de Cos	Chaparrosa	433.60
Villa Hidalgo	Santo Domingo	562.20

FUENTE: Elaboración propia con datos de INIFAP (2016).

El uso de semilla criolla contribuye a la conservación y generación de la diversidad genética in situ al transferirla de generación en generación; también al

crear nuevas variedades por selección natural, mutación, recombinación y aislamiento (Herrera, Macías, Díaz, Valadez y Delgado, 2002). Por lo tanto, el conocer si los productores utilizan variedades criollas en sus siembras podrá ayudar a medir si los sistemas agrícolas analizados tratan de conservar los recursos, en este caso biogenéticos, para garantizar la resiliencia de los mismos.

Preservación e integración de la biodiversidad

En el Estado de Zacatecas predomina el monocultivo y el minifundio. El 88% de la superficie agrícola del Estado es de temporal y 12% de riego (Llamas y Foladori, 2012). La actividad agrícola ejerce una importante presión sobre la biodiversidad en el planeta (FAO, 2002). La escasa diversidad de cultivos afecta de manera sustancial a la preservación de la biodiversidad ya que actualmente 12 cultivos y 14 especies animales conforman el 80% de la oferta mundial de alimentos (Llamas y Foladori, 2012). Por lo tanto, el conocer si los agricultores en este caso de estudio manejan 3 o más cultivos permitirá conocer el grado de preservación e integración de la biodiversidad que contribuya a garantizar la estabilidad del sistema.

Control de plagas y enfermedades

El término pesticida comprende una amplia variedad de compuestos como insecticidas, fungicidas, herbicidas, rodenticidas, molusquicidas, nematocidas y reguladores del crecimiento de plantas (Aktar, et al., 2009). A nivel mundial, de los pesticidas utilizados, el 44% correspondían en 1999 a insecticidas, 30% a herbicidas y 21% a fungicidas, y 5% a otros (Aktar et al., 2009). El uso intensivo de pesticidas representa uno de los factores de mayor efecto en la degradación ambiental dada la elevada toxicidad de los compuestos químicos utilizados.

Los pesticidas pueden contaminar el suelo, el agua, al mismo tiempo que son tóxicos para muchos otros organismos entre plantas, animales y el ser humano. Además, los pesticidas impiden los mecanismos naturales de control de plagas

dañando la biología del suelo y provocando la resistencia de los patógenos al control químico (Kolmans y Vásquez, 1999). El sobre uso de pesticidas puede dirigir a una crisis en la agricultura por el incremento gradual de la resistencia de las plagas (Bos et al., 2007). Incluso los efectos en el ser humano por la exposición de bajas dosis a largo plazo de algunos pesticidas han sido vinculados a afecciones tales como la supresión inmunológica, disrupción de algunas hormonas, disminución de la inteligencia, anormalidades reproductivas y cáncer (Aktar et al., 2009; Zhang et al., 2015). Para este trabajo, se considera crítico el conocer que tan recurrente es el uso de pesticidas por parte de los agricultores zacatecanos para tatar de medir el grado del impacto ambiental que esta práctica provoca.

Fertilización orgánica

Los productores aplican fertilizantes en el suelo para proveer a las plantas de los nutrientes del suelo que le hacen falta. No obstante, el uso de fertilizantes sintéticos tiene un impacto ambiental importante, ya que la fertilización nitrogenada genera 70% de los óxidos nitrosos atmosféricos (Llamas y Foladori, 2012). Lo anterior se presenta cuando existe una aplicación de fertilizantes mayor a la que las plantas pueden absorber (Bos et al., 2007). Algunos elementos químicos que contienen los fertilizantes son el nitrógeno y fosfatos. Estos al infiltrarse en las aguas subterráneas provocan la eutrofización en cuerpos de agua, la cual promueve la existencia de algas que eliminan otras plantas y animales acuáticos (Bos et al., 2007).

Los agroecosistemas proveen servicios ecológicos que contribuyen a su propio funcionamiento. Tal es el caso de los mecanismos de recicle de nutrientes que mediante el uso de materia orgánica se promueve la actividad biótica del suelo (Altieri y Nicholls, 2000). La integración de abonos orgánicos en las unidades de producción genera un efecto positivo en el entorno ambiental del cultivo porque mejora la estructura del suelo para la agricultura (Llamas, 2012). La aplicación de

abonos orgánicos provoca el incremento de la biomasa tratando de buscar un equilibrio ecológico (Kolmans & Vásquez, 1999).

Abatimiento de mantos acuíferos

Más del 40% de la superficie global se encuentra bajo condiciones climáticas áridas y semi-áridas (Boutraa, 2010). En este tipo de medio ambientes, el agua es el factor que limita más a la producción agrícola (Boutraa, 2010). El 70% del agua dulce extraída en el mundo es utilizada para la producción de alimentos, colocando este dato a la agricultura como el consumidor más grande de este recurso (Boutraa, 2010).

En el estado de Zacatecas prevalecen las regiones áridas y semidesérticas además de que se presentan prolongadas sequías. En temporada de lluvias comúnmente se presentan de tipo torrencial lo que provoca una erosión de suelos rápida por falta de cubierta vegetal (Santoyo y Hillerkuss, 2012). Por lo tanto, uno de los factores que afectan de manera circunstancial al sector agrícola zacatecano es la poca disponibilidad de agua. En este trabajo se analiza la disponibilidad o déficit que tienen los mantos acuíferos de la zona de estudio, así como el uso de agua subterránea para riego por parte de los productores.

Disponibilidad de agua subterránea

La ley de Aguas Nacionales contempla que la Comisión Nacional del Agua debe calcular la disponibilidad de aguas subterráneas. El cálculo debe realizarse haciendo un balance donde quede definido la recarga precisa de los acuíferos, y de ésta, disminuir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el Registro Público de Derechos del Agua. El cálculo de la disponibilidad obtenida permite una mejor administración del recurso dado que el otorgamiento de nuevas concesiones sólo podrá efectuarse en acuíferos con disponibilidad de agua subterránea (CONAGUA, 2017). Sánchez, et. al. (2006) consideran que es imprescindible estimar la eficiencia de utilización del agua en proceso de

transformación insumo-producto debido a que la agricultura es una actividad económica de alto consumo de recursos hídricos, por lo que señalan que los volúmenes extraídos de los acuíferos no deberían sobrepasar a la recarga. Disponibilidad es entendida pues como: el volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído de un acuífero para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas. En este trabajo, se recopiló los datos correspondientes a la disponibilidad de los acuíferos donde se ubican las unidades de producción tomadas en cuenta para la investigación por municipio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Disponibilidad media anual (millones de metros cúbicos) para el año 2015 según acuífero y municipio correspondiente.

MUNICIPIO	ACUÍFERO	DISPONIBILIDAD
Apozol	Jalpa-Juchipila	4.56
Cd. Cuauhtémoc	Ojocaliente	-11.72
Fresnillo	Abrego	-2.75
Villa González Ortega	El Palmar	1.42
Guadalupe	Guadalupe de las Corrientes	-30.93
Jerez	Jerez	-21.11
Juchipila	Jalpa-Juchipila	4.56
Mezquital del Oro	Jalpa-Juchipila	4.56
Morelos	Calera	-80.57
Moyahua	Jalpa-Juchipila	4.56
Nochistlán	Nochistlán	8.19
Noria de Ángeles	Villa Hidalgo	-21.60
Ojo Caliente	Ojocaliente	-11.72
Pinos	Pinos	5.40
Río Grande	Aguanaval	-90.25
Tepechitlán	Tlaltenango- Tepechitlán	16.86
Vetagrande	Aguanaval	-90.25
Villa de Cos	Chupaderos	-113.41
Villa Hidalgo	Villa Hidalgo	-21.60

FUENTE: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2017).

Uso de agua subterránea para riego

La FAO identifica a los servicios de agua, riego y drenaje como esenciales en la agricultura. En 1970, a partir de la perforación de pozos profundos para el riego agrícola se incrementó la producción en lo que se conoce como la franja agrícola del estado de Zacatecas. Sin embargo, el riego agrícola proveniente de aguas subterráneas está agotando y contaminando reservas de agua en el mundo, aumentando los niveles de desertificación y salinización (Llamas y Foladori, 2012). Por consiguiente, en este trabajo se considerarán prácticas sustentables para el manejo del recurso hídrico aquellas unidades de producción que no cuenten dentro de su infraestructura con pozo profundo para riego.

Asociación y/o rotación de cultivos

Los monocultivos específicamente en el suelo promueven la erosión genética y la destrucción de la biodiversidad. Los monocultivos han vuelto más a los ciclos de nutrientes, energía, agua y desperdicios. La inestabilidad y susceptibilidad de los agroecosistemas a las plagas se atribuye a la adopción del monocultivo como práctica agrícola (Altieri, 1999). La rotación de cultivos es una práctica que consiste en ocupar la tierra con cultivos diferentes que se suceden en el tiempo con la finalidad de conservar la fertilidad del suelo (Kolmans y Vásquez, 1999).

Erosión de suelos

La erosión es un proceso físico que consiste en el desprendimiento y arrastre de materiales del suelo por agentes como el agua y el viento (Llamas y Foladori, 2012). El deterioro del suelo es un proceso que se presenta cuando existen extendidas pérdidas de cobertura vegetal provocando una superficie de suelo enconstrada con muy poca permeabilidad, por lo tanto, decrece la infiltración, aumenta el escurrimiento, reduciendo el agua en el suelo para el crecimiento vegetal y provocando merma en la entrada de compuestos orgánicos al suelo (Márquez, Ruiz, Valdez y Blanco, 2012). Este proceso tiene como resultado la

reducción y la materia orgánica en el suelo lo que conlleva a disminución de la capacidad productiva de la tierra (Márquez et al.,2012).

El estado de Zacatecas tiene como una de sus limitantes para las actividades agrícolas que el 75% del territorio es árido o semiárido (Llamas y Foladori, 2012). Los estados con mayor superficie erosionada de las unidades de producción según el INEGI (2007) son en primer lugar Chihuahua con el 29.49%, El segundo estado con mayor superficie erosionada de las unidades de producción es Sonora con 25.40%, el tercer lugar le corresponde al estado de Coahuila con un 21.55%. El estado de Zacatecas ocupa el quinto lugar con el 1.71% del total de la superficie erosionada de las unidades de producción por más de 5 años (INEGI, 2007). Para dimensionar la erosión en suelos de las unidades de producción a que se refiere este trabajo y considerando las bases de datos existentes, se determinó una media estatal de la superficie (hectáreas) erosionada por más de 5 años (INEGI, 2007).

6.2.2 Dimensión Económica

Eficiencia

Para este trabajo se considera como eficiencia económica, aquella con la cual un sistema económico utiliza los recursos productivos a fin de satisfacer sus necesidades. Para poder medir la eficiencia económica de las unidades de producción en cuestión y considerando que no se cuenta con algún dato monetario que permita cuantificar el nivel de ingresos de los productores, se propone el siguiente procedimiento:

- Se determinarán ingresos por actividades agrícolas haciendo el supuesto que son la única fuente de ingresos de los productores.
- Los ingresos se determinarán considerando las producciones obtenidas que el agricultor manifestó tener en la encuesta que se aplicó.

- Como no se cuenta con un dato de precio de venta de cada uno de los productores, se tomará el precio en el medio rural de cada cultivo para el año 2014 (SIAP, 2017)
- El producto entre la producción obtenida y el precio en el medio rural será el monto total de los ingresos percibidos por el productor durante un año.
- El monto total de ingresos deberá dividirse entre los 12 meses del año y el número de integrantes de la familia de cada productor (dato que se encuentra en la encuesta).
- El dividendo anterior corresponde a los ingresos mensuales por persona en las unidades de producción.

El ingreso mensual por persona en cada unidad de producción permitió hacer un comparativo con las líneas de Bienestar que dicta CONEVAL (2017) como referentes para medir la pobreza en México.

Ingresos mensuales por actividades agrícolas superiores línea de bienestar mínimo

Este indicador pretende mostrar si el ingreso por persona en la unidad de producción por actividades agrícolas es suficiente para garantizar la adquisición de los bienes que incluye la canasta alimentaria en el medio rural. La canasta alimentaria en el medio rural para el año 2014 incluía: cereales (tortilla de maíz, pasta para sopa, pan dulce, arroz en grano), proteína de origen animal (carne roja, pollo, pescado, lácteos, huevo), frutas (manzana, naranja), agua embotellada, entre otros. El valor mensual por persona de la canasta alimentaria rural en diciembre de 2014 fue de \$914.89. Atendiendo a los datos anteriores, es importante conocer si los ingresos por actividades agrícolas superan las líneas de bienestar (CONEVAL, 2017) para poder determinar si los sistemas de agricultura analizados en este trabajo son eficientes económicamente.

Ingresos mensuales por actividades agrícolas superiores línea de bienestar

La línea de bienestar que marca CONEVAL (2017) es la suma de la canasta alimentaria más la canasta no alimentaria que se determinan en base a un grupo de referencia que se compone de un conjunto de hogares que tienen un consumo de calorías similares a las calorías mínimas recomendadas que se deben de consumir según edad y sexo de los integrantes de la familia. La canasta no alimentaria en el medio rural para el año 2014 incluye conceptos como: transporte público, limpieza y cuidado de la casa, cuidados personales, educación, cultura y recreación, vivienda y servicios de conservación, prendas de vestir, calzado y accesorios, cuidados de la salud, entre otros. El valor mensual por persona de la canasta alimentaria más la canasta no alimentaria en el medio rural fue de \$1687.02 en diciembre de 2014. Al igual que el indicador anterior, es necesario comparar los ingresos mensuales por persona de las unidades de producción con la línea de bienestar y poder hacer un diagnóstico de la capacidad económica de la unidad de producción.

Productividad

Una de las condiciones socioeconómicas desfavorables para los productores agrícolas zacatecanos es la baja productividad. Los rendimientos en los principales cultivos (frijol y maíz) no logran superar la media nacional (Llamas y Foladori, 2012). En el trabajo hecho por la FAO y SAGARPA respecto de la caracterización a nivel nacional de los agricultores familiares en México se menciona que dichos productores obtienen rendimientos de maíz, frijol y trigo inferiores a los que presenta el total de los productores agrícolas (SAGARPA, FAO, 2012). Atendiendo a la importancia que guarda el cultivo de frijol en el estado se hace necesario medir la productividad de los agricultores familiares mediante el monitoreo de los rendimientos de este cultivo en las unidades de producción correspondientes a la zona de estudio.

Autosuficiencia

Altieri y Nicholls (2000) sugieren que para que algún sistema agrícola sea sustentable se debe tener una estrategia de conservación de recursos compatible con una estrategia de producción que incluye la conservación de los recursos locales así como la participación en mercados locales. Según la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2010) un mecanismo de activación del crecimiento en las zonas rurales es estimulando la demanda de bienes y servicios de los vendedores y proveedores de servicios locales. El apoyo a los pequeños productores contribuye a romper el círculo vicioso que lleva de la pobreza rural a la expansión de las zonas precarias urbanas, y en el que la pobreza genera más pobreza (ONU, 2010). Por lo tanto para considerar que un sistema de agricultura es sustentable económicamente debe de contribuir a la activación de los mercados locales mediante la compra-venta de bienes y servicios en su localidad.

6.2.3 Dimensión social

Sucesión generacional

En Zacatecas se presenta el proceso de descampesinización ya que el 46.1% de los productores son mayores a los 60 años, confirmando que las generaciones siguientes deciden no dedicarse a las labores agropecuarias. (SEDAGRO, 2011). Uno de las características de la sustentabilidad se relaciona con el grado de aceptación del productor con su actividad como agricultor y por ende el deseo de que las siguientes generaciones continúen con las labores agrícolas (Alturria et al., 2014). Por lo tanto, es importante conocer la disponibilidad de los productores en heredar sus tierras a sus hijos para que ellos continúen trabajándolas.

Transmisión de conocimientos y habilidades locales

Para Mora (2008) los campesinos han desarrollado estrategias articuladas para garantizar el ingreso, esto fundamentado en el conocimiento de su entorno que es generado por la experimentación y heredado de generación en generación. El conocimiento es acumulativo y dinámico y se basa en la experiencia de generaciones pasadas adaptándose a los nuevos cambios tecnológicos y socioeconómicos del presente (Johnson, 1992). Por tanto, es muy importante conocer si aún existe el proceso de transmisión de conocimientos y habilidades locales de padres a hijos, ya que esto influye en el aprecio que los hijos le toman al trabajo agrícola.

Autodependencia

La agricultura sustentable debe ser reconocida como un modelo de diversidad ecológica y cultural de cada región y no un modelo de agricultura especializada, orientada al mercado de exportación (Altieri y Nicholls, 2000). Es decir, los agricultores y sus familias deben de contar con el poder de decisión sobre el funcionamiento de la unidad de producción. En este trabajo para medir la autodependencia de los sistemas agrícolas analizados se consideró el poder de decisión que tienen los productores respecto de los cultivos que manejan en la unidad de producción lo que implica que el productor no sea influenciado por causas externas para el manejo de sus cultivos.

Fortalecimiento del proceso de aprendizaje

Según Bos et al (2007), la educación es desarrollo, crea opciones y oportunidades para las personas, reduce la carga de pobreza y enfermedades, y da una voz más fuerte ante la sociedad. En las naciones, la educación crea una fuerza de trabajo dinámica y ciudadanos bien informados capaces de competir y cooperar globalmente abriendo puertas a la prosperidad económica y social. En

este trabajo se considera necesario analizar el grado escolar de los productores y determinar su relación con el nivel de sustentabilidad de la unidad de producción.

6.3 PASO 3. Selección de los criterios de diagnóstico e indicadores

Después de haber establecido los puntos críticos del sistema, se determina cuáles serán los indicadores que nos describirán el comportamiento de los procesos dentro del sistema que se está evaluando. Existe un sinnúmero de posibles indicadores que se pudieran emplear, pero fue necesario elegir solo aquellos que se adecuaron a las características particulares de esta investigación. Para elegir los indicadores que se manejaron se utilizaron criterios como:

- Las variables puedan ser monitoreadas y medidas de manera local y en una misma escala. Para este caso fue de 1 a 2, donde 1 implica que el indicador se encuentra alejado de ser sustentable, y 2 que refleja que el indicador se maneja con criterios de sustentabilidad.
- Las bases de datos que se utilicen sean de fácil acceso (Martínez, et al., 2007).
- Sean fáciles de entender e interpretar (Martínez, et al., 2007).

En el Cuadro 3 se muestra los indicadores que se seleccionaron para este trabajo en la dimensión ambiental, así como las variables que conforman dichos indicadores y la fuente de donde se obtuvieron los datos. Los indicadores seleccionados para evaluar la sustentabilidad en la dimensión económica se encuentran descritos en el Cuadro 4. También se especifica a que factor crítico corresponden y que variables se utilizaron para medir dichos indicadores, así como la fuente de donde fueron obtenidos.

Cuadro 3. Indicadores y variables para evaluar la sustentabilidad en la dimensión ambiental.
Fuente de donde se obtuvieron los datos.

FACTOR CRÍTICO	INDICADOR	VARIABLES	FUENTE
Características agroecológicas óptimas para el cultivo de frijol	Proporción de las unidades de producción que presentan una precipitación media anual óptima para el cultivo de frijol (de 500 a 2000 mm) según el municipio en el que se localizan.	Precipitación media anual de cada municipio encuestado	INIFAP (2016)
Conservación de recursos	Proporción de las unidades de producción encuestadas que utilizan semilla que ellos mismos obtienen (criolla).	Unidades de producción que utilizan semillas criollas	Encuesta realizada en udp del estado (2014)
Preservación e integración de la biodiversidad	Proporción de las unidades de producción que manejan más de 3 cultivos.	Número de cultivos manejados por el productor	Encuesta realizada en udp del estado (2014)
Control de plagas y enfermedades	Proporción de las unidades de producción que no emplean pesticidas de origen químico para el control de plagas y enfermedades.	Unidades de producción que no emplean pesticidas de origen químico para el control de plagas y enfermedades	Encuesta realizada en udp del estado (2014)
Fertilización orgánica	Proporción de las unidades de producción en donde se incluyen abonos orgánicos en sus prácticas agrícolas.	Unidades de producción en donde se incluyen abonos orgánicos en sus prácticas agrícolas.	Encuesta realizada en udp del estado (2014)
Abatimiento de mantos acuíferos	Proporción de las unidades de producción que según su ubicación cuentan con disponibilidad en el volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído de un acuífero para diversos usos sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas.	Disponibilidad media anual de los acuíferos en los que se encuentran ubicadas las unidades de producción encuestadas.	CONAGUA (2017)
	Proporción de unidades de producción que no extraen agua subterránea para riego	Unidades de producción que no riegan con agua subterránea.	Encuesta realizada en udp del estado (2014)
Asociación y/o rotación de cultivos	Proporción de las unidades de producción que llevan a cabo la asociación y/o rotación de cultivos dentro de sus prácticas agrícolas.	Unidades de producción que asocian y/o rotan cultivos dentro de sus prácticas agrícolas	Encuesta realizada en udp del estado (2014)
Suelos erosionados	Proporción de las unidades de producción que no superan la media estatal de superficie de las unidades de producción erosionada por más de 5 años	Superficie de las unidades de producción por municipio erosionada por más de 5 años. Media estatal de superficie de las unidades de producción erosionada por más de 5 años	INEGI (2017)

FUENTE: Elaboración propia.

Cuadro 4. Indicadores y variables para evaluar la sustentabilidad en la dimensión económica. Fuente de donde se obtuvieron los datos.

FACTOR CRÍTICO	INDICADOR	VARIABLES	FUENTE
Eficiencia	Proporción de productores que por cada miembro de su familia obtienen de las actividades agrícolas ingresos mensuales que superan la Línea de Bienestar Mínimo en el medio rural del año 2014.	Ingresos totales provenientes de actividades agrícolas (resultado de la producción obtenida y el precio en el medio rural en el año 2014 de los cultivos manejados)	SIAP (2017)
		Número de integrantes por familia	Encuesta realizada en udp del estado (2014)
		Línea de Bienestar Mínimo en el medio rural para el año 2014.	CONEVAL (2017)
	Proporción de productores que por cada miembro de su familia obtienen de las actividades agrícolas ingresos mensuales que superan la Línea de Bienestar en el medio rural del año 2014.	Ingresos totales provenientes de actividades agrícolas (resultado de la producción obtenida y el precio en el medio rural en el año 2014 de los cultivos manejados)	SIAP (2017)
		Número de integrantes por familia	Encuesta realizada en udp del estado (2014)
		Línea de Bienestar en el medio rural para el año 2014.	CONEVAL (2017)
Productividad	Proporción de las unidades de producción que obtienen un rendimiento mayor o igual al promedio nacional en el cultivo de frijol (.754 ton/ha).	Rendimiento en el cultivo de frijol de las unidades de producción encuestadas.	Encuesta realizada en udp del estado (2014)
Autosuficiencia	Proporción de las unidades de producción que no dependen del mercado foráneo para la obtención de insumos agrícolas.	Unidades de producción que no dependen del mercado foráneo para la obtención de insumos agrícolas	Encuesta realizada en udp del estado (2014)

FUENTE: Elaboración propia.

En el Cuadro 5 se muestran los indicadores utilizados para evaluar la sustentabilidad en la dimensión social de la agricultura familiar en el estado de Zacatecas. Se especifican también los factores críticos que pudieran quebrantar o fortalecer la sustentabilidad social en la agricultura familiar.

Cuadro 5. Indicadores y variables para evaluar la Sustentabilidad en la dimensión Social. Fuente de donde se obtuvieron los datos.

FACTOR CRÍTICO	INDICADOR	VARIABLES	FUENTE
Sucesión generacional	Proporción de productores que consideran dar en herencia sus tierras a sus hijos o familiares para que continúen con las labores agrícolas.	Productores que consideran heredar sus tierras a sus hijos o familiares	Encuesta realizada en udp del estado (2014)
Transmisión de conocimientos y habilidades locales	Proporción de productores que transmiten conocimientos, anécdotas, cuentos, historias sobre el campo y la vida rural a sus hijos y nietos.	Productores que transmiten conocimientos, anécdotas, cuentos, historias sobre el campo y la vida rural a sus hijos y nietos	Encuesta realizada en udp del estado (2014)
Autodependencia	Proporción de productores que manifiestan tener libertad para tomar la decisión de los cultivos que se manejan en la unidad de producción	Productores que manifiestan tener libertad para tomar la decisión de los cultivos que se manejan en la unidad de producción	Encuesta realizada en udp del estado (2014)
Fortalecimiento del proceso de aprendizaje	Proporción de productores que superan el grado promedio de escolaridad nacional de 9.1 años INEGI (2017).	Productores que superan el grado promedio de escolaridad nacional	Encuesta realizada en udp del estado (2014)

FUENTE: Elaboración propia.

6.4 PASO 4. Medición y monitoreo de los indicadores

Los procedimientos que se utilizaron para la medición y monitoreo de los indicadores establecidos fueron diversos. Se utilizó una base de datos que se obtuvo de la aplicación de una encuesta a productores de 19 municipios del estado de Zacatecas. Dicha encuesta fue llevada a cabo a finales del año 2014 y la base de datos fue procesada a inicios de 2015. Para la aplicación y formulación de los cuestionarios participó personal del INCA Rural del Estado, así como algunos docentes de la Universidad Autónoma Chapingo.

El año 2014 fue declarado por la FAO como el Año Internacional de la agricultura familiar, por lo tanto, el objetivo principal de esta encuesta fue poder diferenciar y caracterizar a dicho sector en el estado de Zacatecas. La encuesta consta de 32 preguntas de las cuales la mayoría tienen una respuesta cerrada por lo que se facilita el manejo de la información. La encuesta fue aplicada a 185 productores de los diversos municipios que se tomaron en cuenta.

Otro de los procedimientos que se utilizaron para obtener información fue la búsqueda de bases de datos que pudieron proporcionar elementos para analizar a nivel municipal. Algunas bases de datos que actualmente existen por medios cibernéticos son de gran utilidad ya que de manera interactiva se pueden obtener datos muy relevantes. Tal es el caso de la base de datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2017) respecto de las características principales de los mantos acuíferos de todo el país.

Además, otras fuentes que se emplearon para la recolección de datos fueron los reportes agrometeorológicos del (INIFAP, 2016) de donde se obtuvo todos los niveles de precipitación de los municipios donde se levantó la encuesta. El anuario estadístico de la producción agrícola (SIAP, 2017) de donde se tomaron los datos de los precios en el medio rural por cultivo para estimar el ingreso por actividades agrícolas de cada productor. Por último, las líneas de bienestar y canasta alimentaria (CONEVAL, 2017) que sirvió para comparar los ingresos obtenidos por el productor y las líneas de bienestar y bienestar mínimo que son utilizadas para medir la pobreza en México.

CAPÍTULO 7. ANÁLISIS DE DATOS

7.1 PASO 5. Integración de resultados

En esta etapa del ciclo de evaluación del marco MESMIS deberán integrarse los resultados obtenidos de la medición de los indicadores anteriormente descritos. El objetivo de este punto es contar con los elementos necesarios para poder emitir un juicio sobre la sustentabilidad de la agricultura familiar en el estado de Zacatecas. Como ya se mencionó en el capítulo anterior, para realizar este trabajo se obtuvo información de diversas fuentes, siendo la principal una encuesta aplicada en el año 2014 a 185 productores de 19 municipios del estado de Zacatecas. El análisis de la información comenzó delimitando de dicha encuesta a los agricultores familiares y a los no familiares.

Para poder delimitar quienes eran Agricultores Familiares de esos 185 productores se tomaron en cuenta las siguientes características:

- Del total de los productores se separaron aquellos que manifestaron que más del 80% de sus ingresos lo obtienen solamente de labores agrícolas y no reciben ingresos por otros conceptos como algún salario, comercio, apoyos de gobierno o remesas. Atendiendo a la estratificación que hace SAGARPA para los agricultores familiares, el grupo de agricultura familiar consolidada cuenta con sustento suficiente en la producción propia debido a una alta dependencia a los apoyos gubernamentales y otras fuentes de ingreso externos a la producción primaria (SAGARPA, FAO, 2012). Por lo tanto para este trabajo de facto no son agricultores familiares aquellos que solamente obtienen ingresos de las actividades agrícolas sin necesidad de

recurrir a otras fuentes, lo que indica que son agricultores de tipo empresarial con medios y recursos suficientes.

- De la segregación anterior se identificaron aquellos productores que contaban con una superficie total de tierra mayor a las 15.5 hectáreas. La superficie máxima que delimita a los agricultores familiares en este trabajo fue determinada en base a lo que establece el estudio que realizó la SAGARPA en conjunto con la FAO sobre el potencial productivo de la agricultura familiar (SAGARPA, FAO, 2012). Dicho trabajo estima que la superficie máxima promedio para las unidades económicas rurales de agricultura familiar es de 15.5 hectáreas. Por lo tanto, en este estudio, según el tamaño de la superficie, se consideran agricultores familiares los productores que poseen menos de 15.5 hectáreas para llevar a cabo actividades agropecuarias.
- Finalmente, se consideró que NO pertenecen al grupo de agricultura familiar aquellos productores que manifestaron que menos de un 30% de la mano de obra que utilizan en su unidad de producción es familiar. Es decir, para este trabajo agricultores familiares son aquellos que la mayor parte de la mano de obra utilizada en la unidad de producción es de tipo familiar.

Atendiendo al marco teórico que guía este trabajo, el definir a la agricultura familiar resulta complejo por la gran heterogeneidad que identifica al sector. Sin embargo, la mayoría de los autores consideran que el sistema de agricultura familiar tiene acceso limitado a recursos de tierra y capital; así como el uso preponderante de la mano de obra familiar. Por lo tanto, el procedimiento para delimitar a los agricultores familiares en este trabajo trato de apegarse a dichas características comunes que los autores refieren.

Para tener grupos de datos más homogéneos se decidió estratificar al grupo de agricultura familiar tal como se propone en el trabajo hecho por SAGARPA y la FAO sobre el potencial productivo de la agricultura familiar en México (SAGARPA, FAO, 2012). El nivel de integración al mercado es el factor que

diferencia a los agricultores familiares entre sí. De tal manera que los estratos se identifican como sigue:

- Agricultura familiar de subsistencia: Se encuentra conformada por productores que exclusivamente orientan su producción al autoconsumo. La disposición de tierras e ingresos es insuficiente para garantizar un nivel de vida adecuado para la familia lo que hace necesario tener otras fuentes de ingreso como la renta de parte de su superficie y apoyos gubernamentales.
- Agricultura familiar en transición: La producción se destina una parte al autoconsumo y otra parte a la venta. También presentan dificultades para generar ingresos y producción suficiente por lo que recurren a fuentes externas para obtener más ingresos.
- Agricultura familiar consolidada: Se caracteriza por contar con el sustento suficiente y tener acceso a los mercados locales, aunque tienen gran dependencia a los apoyos gubernamentales (créditos).

En el cuadro 6 se muestra la clasificación que se dio a los 185 productores en base a los criterios de delimitación para agricultores familiares, así como también al estrato que pertenecen según su integración al mercado. Después de tener identificado al grupo que pertenece cada productor se estimaron estadísticos descriptivos como promedios de las principales variables que caracterizan a los productores. Para poder evaluar a cada uno de los productores según el manejo que hagan de su unidad en cuanto a criterios de sustentabilidad se determinó un nivel de sustentabilidad por cada productor en cada una de las dimensiones. Enseguida se explica cómo fue determinado dicho nivel de sustentabilidad.

Cuadro 6. Clasificación y Estratificación de los productores encuestados

Clasificación		Agricultura Familiar de Subsistencia		Agricultura Familiar en Transición		Agricultura Familiar Consolidada	
			%		%		%
Total de productores encuestados	185						
Agricultores No Familiares	105						
Agricultores Familiares	80	12	15	51	64	17	21

FUENTE: Elaboración propia.

7.2 Procedimiento para determinar el nivel de sustentabilidad por productor

Una manera de poder evaluar el manejo que los productores hacen respecto de la sustentabilidad en su unidad de producción es categorizarlos según los atributos o rasgos con los que cuente el productor que se asemejen a un manejo sustentable de los sistemas agrícolas. Para este trabajo dicha categorización consistió en crear tres niveles de sustentabilidad para cada una de las tres dimensiones abordadas (Cuadro 7):

- Nivel de sustentabilidad bajo: el cual implica que el productor presenta un número mínimo de atributos indicativos de un manejo sustentable en la unidad de producción.
- Nivel de sustentabilidad medio: este nivel indica que el productor cuenta con al menos la mitad de atributos considerados para la evaluación de la sustentabilidad en cada dimensión.
- Nivel de sustentabilidad elevado: Este nivel fue asignado a los productores que presentaron la mayor parte de los rasgos de sustentabilidad considerados en cada dimensión.

Cuadro 7. Nivel de sustentabilidad asignado según los atributos acumulados por cada productor en cada una de las dimensiones. Valor numérico asignado a cada nivel para su manejo estadístico.

Nivel de Sustentabilidad Asignado	Ambiental	Dimensión Económica	Social	Valor
Nivel de Sustentabilidad Bajo	De 0 a 2	De 0 a 1	De 0 a 1	1
Nivel de Sustentabilidad Medio	De 3 a 6	De 2 a 3	De 2 a 3	2
Nivel de Sustentabilidad Elevado	De 7 a 9	4	4	3

FUENTE: Elaboración propia.

En el cuadro 7 se puede observar el número de atributos contemplados para cada nivel y para cada dimensión. Estos atributos o indicadores, como se menciona en capítulos anteriores, fueron elegidos por su adecuación a las características particulares de esta investigación. A cada uno de estos atributos se les asignó un valor límite en base a diferentes criterios los cuales se explican más adelante. Al contar con un valor límite cada uno de los atributos o indicadores se puede crear un parámetro de “cumple” o “no cumple”. De tal manera que con cada productor se revisó cada uno de los indicadores para saber si “cumple” o “no cumple” y de esta forma se determinó un acumulado de atributos o indicadores “cumplidos” en la dimensión ambiental, económica y social.

Para la dimensión ambiental se manejaron 9 atributos o indicadores que, para este trabajo, representan el total de atributos considerados como referencia de un manejo sustentable ambientalmente en las unidades de producción. A los productores que acumulen de 0 a 2 atributos se les asigna un nivel de sustentabilidad ambiental bajo. Los productores que acumulen de 3 a 6 atributos o indicadores se les asignan un nivel de sustentabilidad ambiental medio. A los

productores que cuenten con más de 7 atributos que indiquen un manejo ambiental sustentable tendrán un nivel de sustentabilidad ambiental elevado.

En la dimensión económica se tomaron en cuenta 4 indicadores o atributos que muestran si en la unidad de producción se llevan a cabo prácticas económicas que le sean rentables al productor y a la sociedad. Los productores que acumularon menos de 1 atributo “cumplido” se les asignó un nivel de sustentabilidad económico bajo. A los productores que acumularon de 2 a 3 indicadores se les otorgó el nivel de sustentabilidad económico medio y los productores que cumplieron con los 4 indicadores obtuvieron un nivel de sustentabilidad elevado. La dimensión social también fue evaluada mediante 4 indicadores por lo que se categorizaron los niveles de la misma manera que la dimensión económica.

Como se muestra en el cuadro 7 a cada uno de los niveles de sustentabilidad se le asignó un valor numérico que permitiera estimar posteriormente la relación estadística que guarda con las demás variables manejadas. Después de tener el nivel de sustentabilidad ambiental, económico y social de cada uno de los productores se determinaron los porcentajes de ocurrencia de dichos niveles en cada uno de los grupos y estratos de agricultores que anteriormente se mencionaron (Cuadro 6). Con estos datos se pudo determinar cuál de los grupos y/o estratos de productores agrícolas presenta más rasgos o atributos de sustentabilidad.

Finalmente se estimaron los coeficientes de correlación entre las variables que determinan si un agricultor es de tipo familiar o no y el nivel de sustentabilidad de cada productor. Este análisis estadístico permitió identificar si las características que definen a los agricultores familiares guardan alguna relación con el nivel de sustentabilidad que tiene cada productor. Es decir, se desea conocer la relación estadística que existe entre el nivel de sustentabilidad de los productores y la superficie (ha) que trabaja, el % de mano de obra familiar que se emplea en la unidad de producción y los ingresos provenientes de las actividades agrícolas (\$). Por último, para conocer si existe una significancia estadística entre estas correlaciones se llevó a cabo la prueba t student.

CAPÍTULO 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la sustentabilidad del sistema de agricultura familiar en el estado de Zacatecas utilizando una metodología flexible que se adecuara a las características específicas de la investigación. El estudio se llevó a cabo con 185 productores provenientes de 19 municipios del estado de Zacatecas: Apozol, Cd. Cuauhtémoc, Fresnillo, Villa González Ortega, Guadalupe, Jerez, Juchipila, Mezquital del Oro, Morelos, Moyahua, Nochistlán, Noria de Ángeles, Ojo Caliente, Pinos, Río Grande, Tepechitlán, Vetagrande, Villa de Cos y Villa Hidalgo. A continuación, se muestran los resultados que derivaron del análisis de datos y que se pretende apoyen al logro de los objetivos de este trabajo.

8.1 Características Generales de los Productores

Los productores encuestados en este trabajo de investigación cuentan con diversas características que permiten describirlos de manera general. Las características que se tomaron en cuenta para describir a los productores son: edad, número de integrantes por familia, escolaridad, superficie de uso agrícola, rendimiento en cultivos principales e ingresos por actividad agrícola. Enseguida se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los rubros.

8.1.1 Edad y sexo

El 8.64% de los productores son mujeres y el 91.36% son hombres. En la Figura 3 se muestran las edades promedio para cada uno de los estratos de productores. Los agricultores no familiares cuentan con una edad promedio de 50.78 años mientras que en los agricultores familiares en transición el promedio de edad es 54.95 años. Del total de los productores, el 24.90% cuentan con una edad por encima de los sesenta años, por lo que no se descarta la posibilidad de

que en un corto plazo pudieran abandonar las labores agrícolas por motivos relacionados a enfermedades, cansancio y otros. En el estado de Zacatecas el 46.1% de los productores tiene una edad superior a los 60 años lo que indica que el relevo generacional no se está presentando en la entidad (SEDAGRO, 2011). Esta situación puede explicarse con lo que Altieri (1999) llama descampesinización que es un proceso de abandono al campo por diversos factores humanos, sociales, culturales y técnicos y con mayor presencia en la actualidad. En el trabajo de CEPAL en conjunto con la FAO (2014) se plantea el hecho de que los jefes de hogares agrícola-familiares tienen las mayores edades promedio lo que implica un reto generacional.

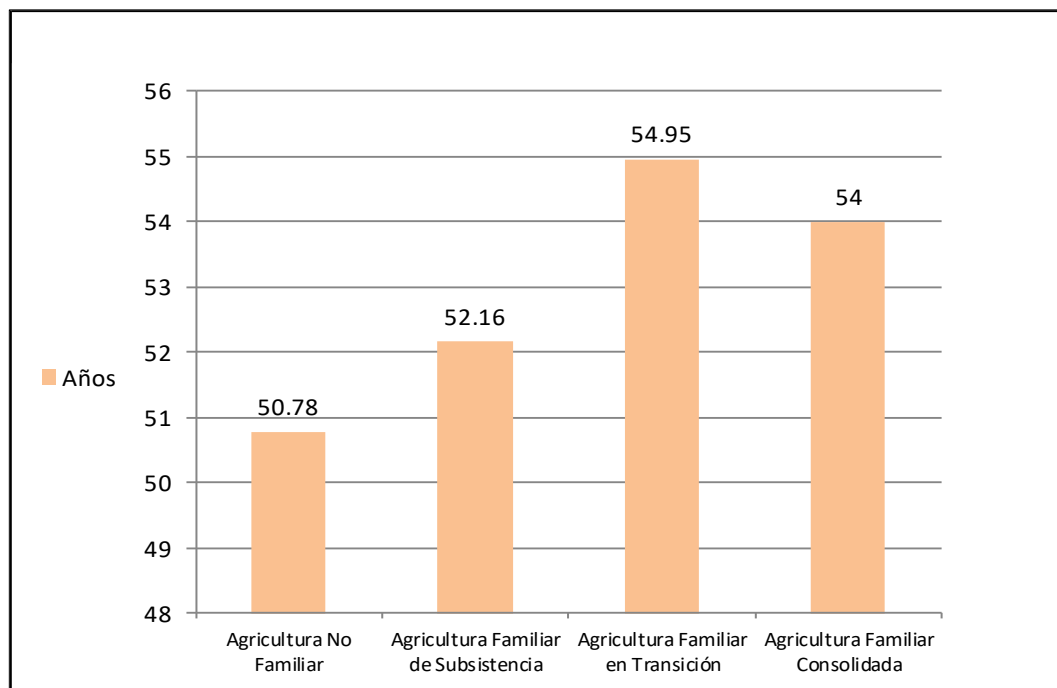


Figura 3. Edad promedio de los productores.

FUENTE: Elaboración propia.

8.1.2 Integrantes por familia

Las familias de los agricultores familiares y agricultores no familiares se conforman principalmente de 5 a 8 miembros. El número promedio de integrantes por familia de los Agricultores No Familiares es de 4.44. Las familias de agricultores familiares de subsistencia se conforman en promedio con 5.54 integrantes (Figura 4). De acuerdo con el estudio hecho por SAGARPA -FAO (2012) el número promedio de dependientes económicos de los productores catalogados como agricultores familiares de subsistencia es de 3.2. El promedio a nivel nacional es de 4.1 integrantes (INEGI, 2017).

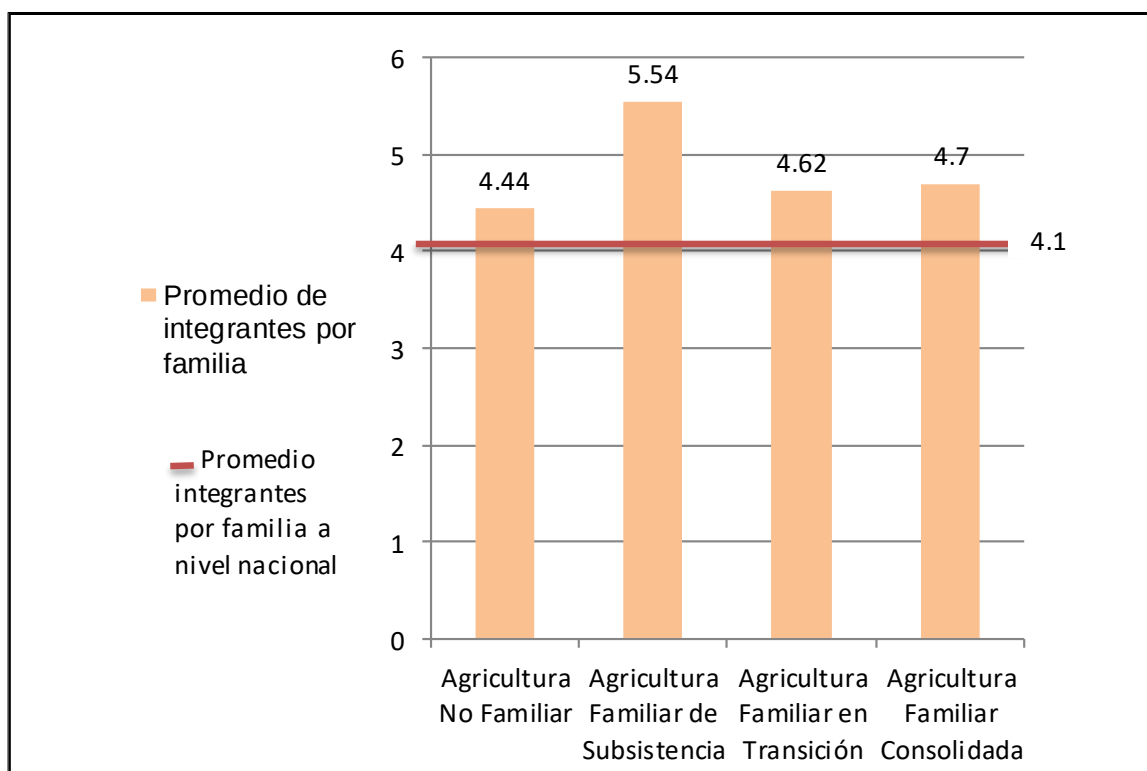


Figura 4. Número promedio de integrantes por familia de los productores según estrato al que pertenecen. Número promedio de integrantes por familia a nivel nacional (INEGI, 2017).

FUENTE: Elaboración propia.

8.1.3 Escolaridad

En cuanto a escolaridad de los productores se refiere, los agricultores no familiares tienen el mayor porcentaje de productores (9.52%) con ningún grado de escolaridad. El estrato de agricultores familiares en transición cuenta con el 76.47% de productores con algún grado de primaria. El 38.09% de los productores de la agricultura no familiar tienen la secundaria trunca o terminada. El 38.09% de los productores de la agricultura no familiar tienen la secundaria trunca o terminada. El estrato de agricultura familiar consolidada presenta el mayor grado de escolaridad. El 17.64% de estos productores cuenta con algún grado de preparatoria y el 23.55% con alguno de universidad (Figura 5). Los promedios nacionales nos dicen que el estrato de agricultura familiar de subsistencia tiene un 57.8% de representantes de las unidades económicas rurales que cuentan con algún grado de primaria. (SAGARPA, FAO, 2012).

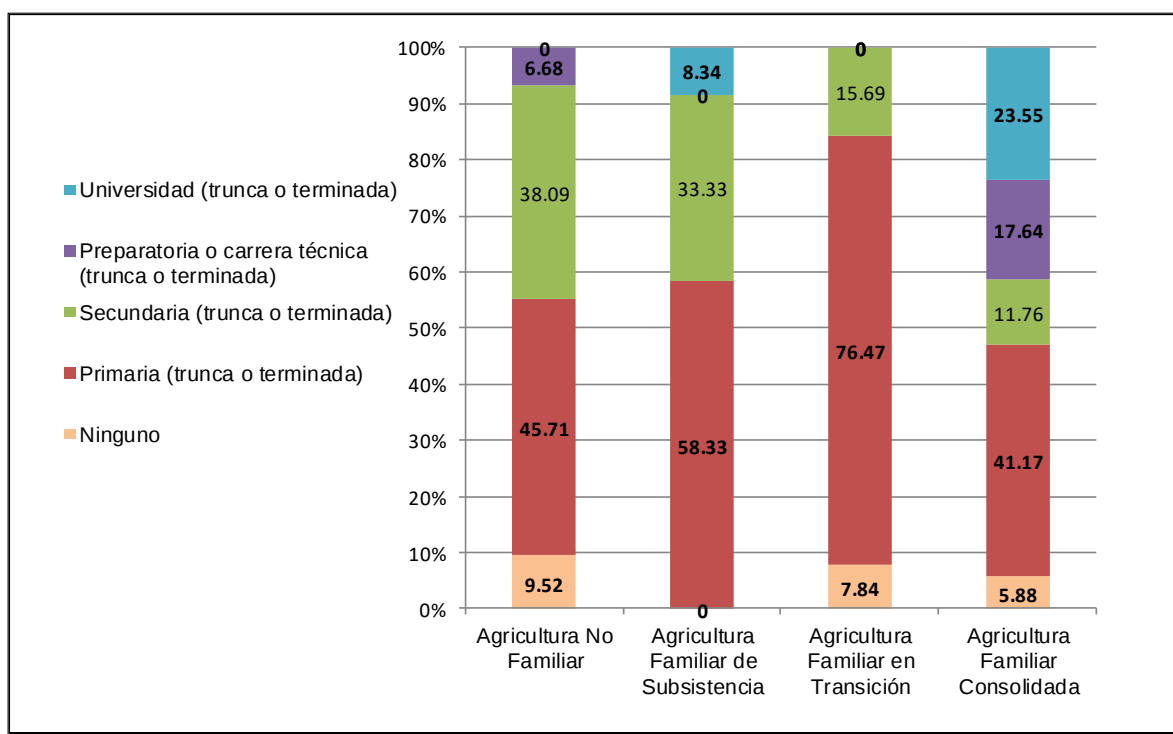


Figura 5. Proporción de productores según su grado de escolaridad.

FUENTE: Elaboración propia.

8.1.4 Superficie de uso agrícola

En cuanto a superficie total de tierra que trabaja el productor (Figura 6) se estimó, que los agricultores no familiares poseen en promedio 13.98 hectáreas de tierra laborable. En lo que corresponde al estrato de agricultura familiar de subsistencia, los productores cuentan en promedio con 8.08 hectáreas de tierra para trabajar. El promedio de superficie de tierra que trabajan los agricultores familiares en transición es de 6.77 hectáreas. Los productores que pertenecen al estrato de agricultura familiar consolidada cuentan con una superficie de 7.61 hectáreas de tierra para trabajar. En el trabajo hecho por SAGARPA en conjunto con la FAO (2012) se observa que la agricultura familiar consolidada tiene una superficie promedio de 4 hectáreas. Con datos del Censo Agropecuario (INEGI, 2007) se determinó que las unidades de producción del estado de Zacatecas con actividad agropecuaria cuentan con una superficie promedio de 18.85 has (Figura 6).

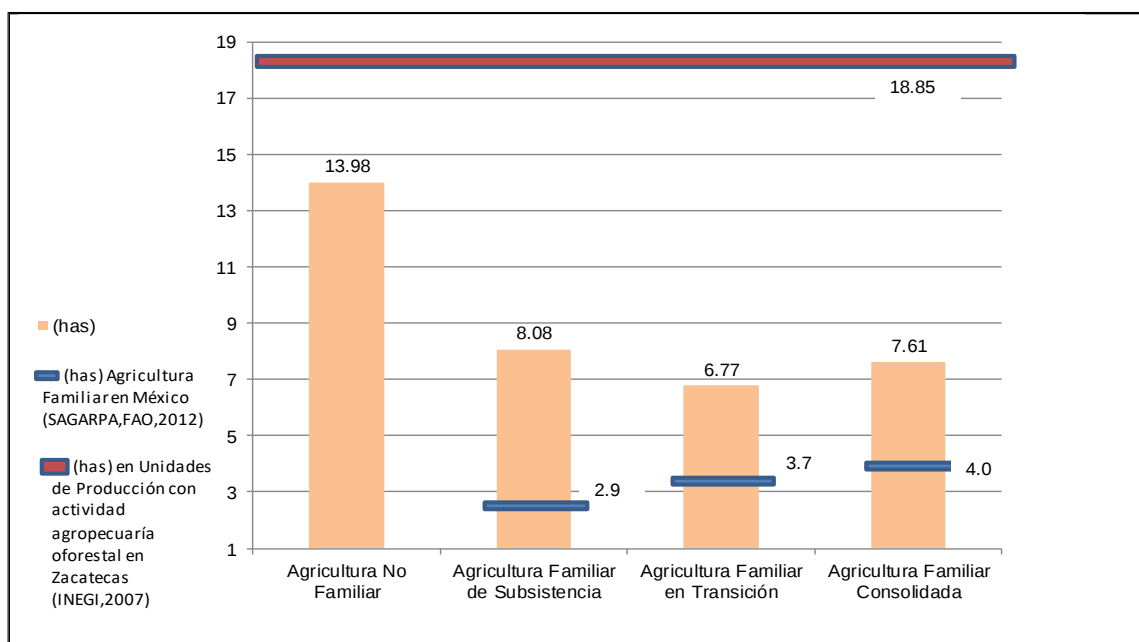


Figura 6. Superficie promedio (has) que trabaja el productor. Superficie promedio de uso agrícola familiar (SAGARPA, FAO, 2012). Superficie promedio (has) en unidades de producción con actividad agropecuaria o forestal en Zacatecas (INEGI, 2007).

FUENTE: Elaboración propia.

8.1.5 Rendimientos en cultivos principales

Los principales cultivos que producen los agricultores encuestados son frijol, maíz y chile seco. El rendimiento promedio de frijol a nivel nacional en el año 2014 fue de .754 ton/ha (SIAP, 2017). En la Figura 7 se observa que el estrato de agricultura familiar en transición de los productores encuestados obtuvo un rendimiento para el mismo año de .754 ton/ha. Los agricultores no familiares obtuvieron un rendimiento promedio de 1.13 ton/ha. En cuanto al cultivo de maíz se refiere, el estrato de agricultura familiar consolidada obtuvo un rendimiento promedio de 4.11 ton/ha, el cual supera al promedio nacional en el año 2014 que fue de 3.33 ton/ha (SIAP, 2017). Por el contrario, el estrato de agricultura familiar en transición obtuvo un rendimiento promedio de 1.97 ton/ha inferior al promedio nacional. El rendimiento promedio de chile seco a nivel nacional para el año 2014 fue de 1.62 ton/ha (SIAP, 2017). Solamente los estratos de agricultura no familiar y agricultura familiar consolidada obtuvieron promedios superiores al nacional con 1.64 y 1.75 ton/ha respectivamente (Figura 7).

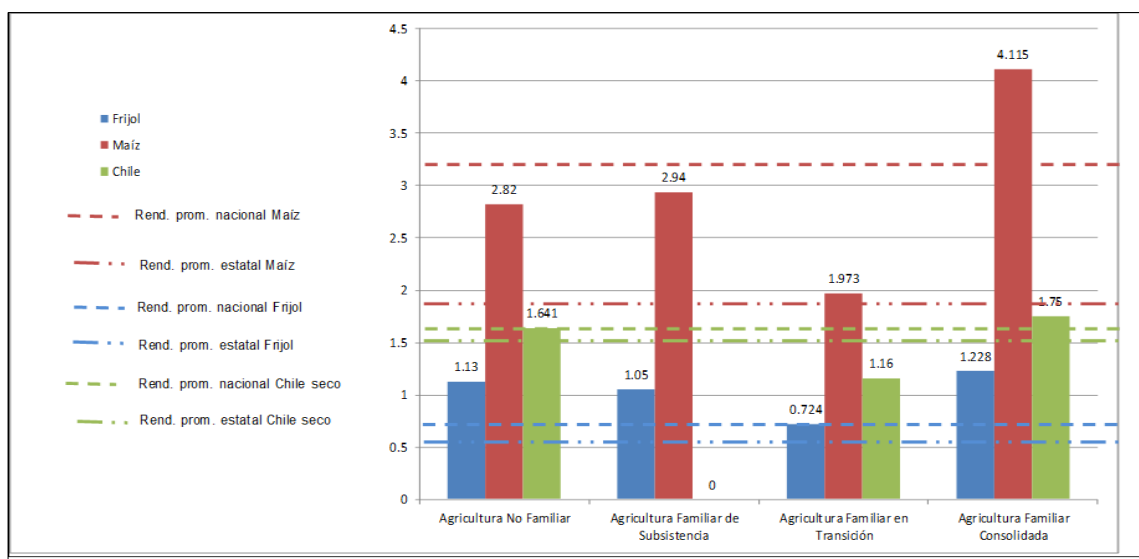


Figura 7. Rendimiento promedio (ton) de los tres principales cultivos (frijol, maíz y chile) que manejan los productores encuestados según el estrato al que pertenecen. Rendimiento promedio (ton) de frijol, maíz y chile seco a nivel estatal y nacional (SIAP, 2017).

FUENTE: Elaboración propia.

8.1.6 Ingresos por actividad agrícola

El promedio de ingresos anuales por actividades agrícolas para los agricultores no familiares fue de \$190,468.33 (Figura 8). La agricultura familiar de subsistencia tiene en promedio ingresos por actividades agrícolas de \$26,502.41. De igual forma el promedio de ingresos por el mismo concepto para la agricultura familiar en transición fue de \$70 267.21. La agricultura familiar consolidada tiene en promedio ingresos por actividades agrícolas por \$122,060.07.

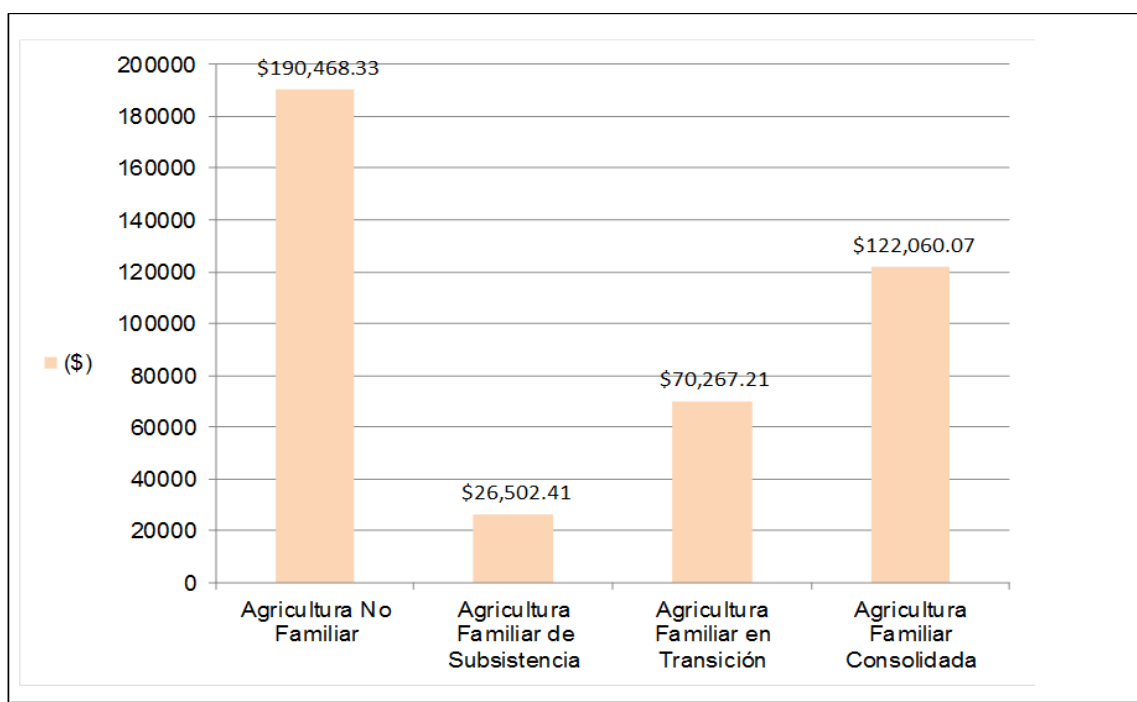


Figura 8. Promedio de Ingresos anuales por actividades agrícolas. Precios en el medio rural obtenidos del Anuario Estadístico de Producción (SIAP, 2017).

FUENTE: Elaboración propia

8.2 Nivel de Sustentabilidad Ambiental

Para determinar el nivel de sustentabilidad ambiental se tomaron en cuenta 9 indicadores véase Cuadro 8. En el Cuadro 9 se muestra la proporción de productores según el nivel de sustentabilidad ambiental asignado. También se muestra el porcentaje acumulado del nivel medio y nivel elevado lo cual nos permite tener una visión más clara de la distribución de los datos. Como se puede observar en el Cuadro 9, la agricultura no familiar obtuvo un 87.62% de productores con nivel medio y elevado de sustentabilidad ambiental. Este porcentaje es menor comparado con el que resulta de la agricultura familiar donde el 92.50% de los productores tienen un nivel de sustentabilidad ambiental medio y elevado. Esto quizá obedece a lo que Altieri (1991) señala como el desarrollo de sistemas originales de manejo ambiental por los pequeños agricultores para superar limitantes que tienen que ver con la fertilidad del suelo, el manejo del agua e incidencia de plagas y enfermedades.

Cuadro 8. Proporción de productores que cumplen con los indicadores ambientales propuestos para un manejo sustentable de la unidad de producción.

INDICADOR	Agricultura No Familiar	Agricultura Familiar de Subsistencia	Agricultura Familiar en Transición	Agricultura Familiar Consolidada	Agricultura Familiar
Precipitación media anual	0.20	0.08	0.35	0.35	0.31
Semilla que ellos mismos obtienen (criolla).	0.55	0.50	0.72	0.24	0.58
Manejo de más de 3 cultivos.	0.53	0.08	0.33	0.41	0.33
Pesticidas	0.58	1.00	0.60	0.53	0.65
Abonos Orgánicos	0.42	0.25	0.11	0.35	0.18
Disponibilidad en el volumen medio anual de agua subterránea	0.11	0.41	0.52	0.18	0.43

Extracción de agua subterránea para riego	0.64	0.50	0.75	0.76	0.71
Asociación y/o rotación de cultivos	0.57	0.41	0.56	0.59	0.55
Superficie erosionada por más de 5 años	0.97	0.92	0.88	0.88	0.88

FUENTE: Elaboración propia.

En el Cuadro 9 también se puede observar el comportamiento del manejo ambiental de las unidades de producción pertenecientes a los estratos de la agricultura familiar. El 100% de los agricultores familiares de subsistencia cuentan con un nivel medio de sustentabilidad ambiental. A pesar de ser el estrato con menor potencial para producir frijol según la precipitación media anual requerida y ser los productores que en menor proporción mantienen la diversidad de cultivos, el total de los productores encuestados negó utilizar pesticidas para el control de plagas y enfermedades.

Cuadro 9. Porcentaje de productores según el Nivel de Sustentabilidad Ambiental asignado y según el grupo y/o estrato al que pertenecen.

Tipo de Agricultura	Nivel de Sustentabilidad Bajo	Nivel de Sustentabilidad Medio	Nivel de Sustentabilidad Elevado	Acumulado (Nivel Medio y Elevado)
No Familiar	12.38	80.95	6.67	87.62
Familiar	7.50	80.00	12.50	92.50
Agricultura Familiar (estratos)				
Familiar de Subsistencia	0.00	100.00	0.00	100.00
Familiar en Transición	3.92	80.39	15.69	96.08
Familiar Consolidada	23.52	64.70	11.78	76.48

FUENTE: Elaboración propia.

A este respecto Kolmans y Vásquez (1999) sugieren que la naturaleza trata de mantener un equilibrio ecológico mediante algunos mecanismos de regulación. Uno de esos mecanismos de regulación es el control de los agentes patógenos por organismos benéficos. También la agricultura familiar de subsistencia es el estrato que cuenta con la mayor superficie de tierra sin superar la media estatal de hectáreas erosionadas por más de 5 años (Cuadro 9).

La agricultura familiar en transición es el estrato con mayor potencial para un manejo más sustentable de los recursos naturales. El 15.69% de los productores pertenecientes a dicho sector presentan un nivel de sustentabilidad ambiental elevado siendo este el mayor porcentaje de los estratos y grupos analizados. En este trabajo, los agricultores familiares en transición cuentan con la mayor proporción de las unidades de producción que presentan una precipitación media anual óptima para el cultivo de frijol, así como de productores que utilizan semilla que ellos mismos obtienen (criolla) lo cual para Altieri y Toledo (2011) genera diversidad y complejidad de los sistemas agrícolas por lo tanto propicia un entorno físico más sustentable.

Son también los productores que la mayor proporción de sus unidades de producción se encuentran ubicados en donde los mantos acuíferos cuentan con disponibilidad en el volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraída sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas. Es también importante señalar que la agricultura familiar en transición es el subgrupo que menos fertilizante orgánico incluye en sus prácticas agrícolas (Cuadro 9) con sólo un 11% de unidades de producción que lo aplican. Esto puede llevar a un suelo pobre que origine plantas enfermas y la aparición de plagas.

La agricultura familiar consolidada resulta ser el grupo de productores más ambientalmente insustentable incluso que la agricultura no familiar. De los productores que pertenecen a la agricultura familiar consolidada, el 23.52% tiene un nivel de sustentabilidad ambiental bajo y solamente el 76.48% tiene un nivel de sustentabilidad ambiental medio y elevado. Este subgrupo de productores es el que en menor proporción utiliza semilla criolla con sólo un 24% de unidades de producción en donde es manejada. El 82% de las unidades de producción

correspondientes al estrato de agricultura familiar consolidada se encuentran ubicadas en superficies donde no existe disponibilidad en el volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraída de un acuífero. Cabe destacar que los productores de este estrato son los que en mayor proporción llevan a cabo prácticas de asociación y/o rotación de cultivos, lo cual implica la protección de la estructura del suelo, así como su capacidad para retener la humedad (Altieri y Nicholls, 2000). Existen estudios como el realizado en la Estación Experimental Agrícola en Rothamstead, Inglaterra donde se ha comprobado que la rotación de cultivos influye en la producción de plantas, modifica la fertilidad, la erosión, las propiedades físicas del suelo, así como en la sobrevivencia de agentes patógenos (Arrieta, Cerda y Hidalgo, 2014). De igual manera la asociación de cultivos genera beneficios como el uso más eficiente del terreno, sombra temporal para cultivos jóvenes, entre otros tantos (Altieri y Nicholls, 2000). En cuanto a suelos erosionados se refiere, este estrato es uno de los que presenta mayor proporción de unidades de producción con superficie erosionada superior a la media estatal por más de 5 años (INEGI, 2007). Uno de los municipios que supera la media estatal de superficie erosionada es Juchipila. En el estudio hecho por Márquez et al. (2012) sobre la determinación de la degradación del suelo en los pastizales de la Cuenca del Río Juchipila se concluye que el 19.8% de la superficie de la cuenca tiene un nivel de afectación fuerte provocando que la productividad de estos suelos sea casi irrecuperable.

En la Figura 9 se presentan las proporciones obtenidas por cada estrato analizado en cuanto al cumplimiento de los indicadores ambientales. Es importante recalcar que en el Estado de Zacatecas una de las limitantes ambientales consideradas de mayor transcendencia es la disponibilidad de agua (Llamas y Foladori, 2012) por lo tanto en los párrafos seguidos se hace un análisis del manejo de este recurso en las unidades de producción encuestadas.

8.3 Sustentabilidad en el Manejo del Recurso Hídrico

Para los alcances de este trabajo se decidió que la precipitación media anual (mm) sería la característica a evaluar para medir el potencial productivo del área

de estudio para el cultivo de frijol. El rango de precipitación media anual (mm) óptima para la producción de frijol va de los 500 mm a los 2000 mm. Como se observa en el Cuadro 9 es muy baja la proporción de unidades de producción que se localizan en municipios que reciben en promedio anualmente más de 500 mm de precipitación.

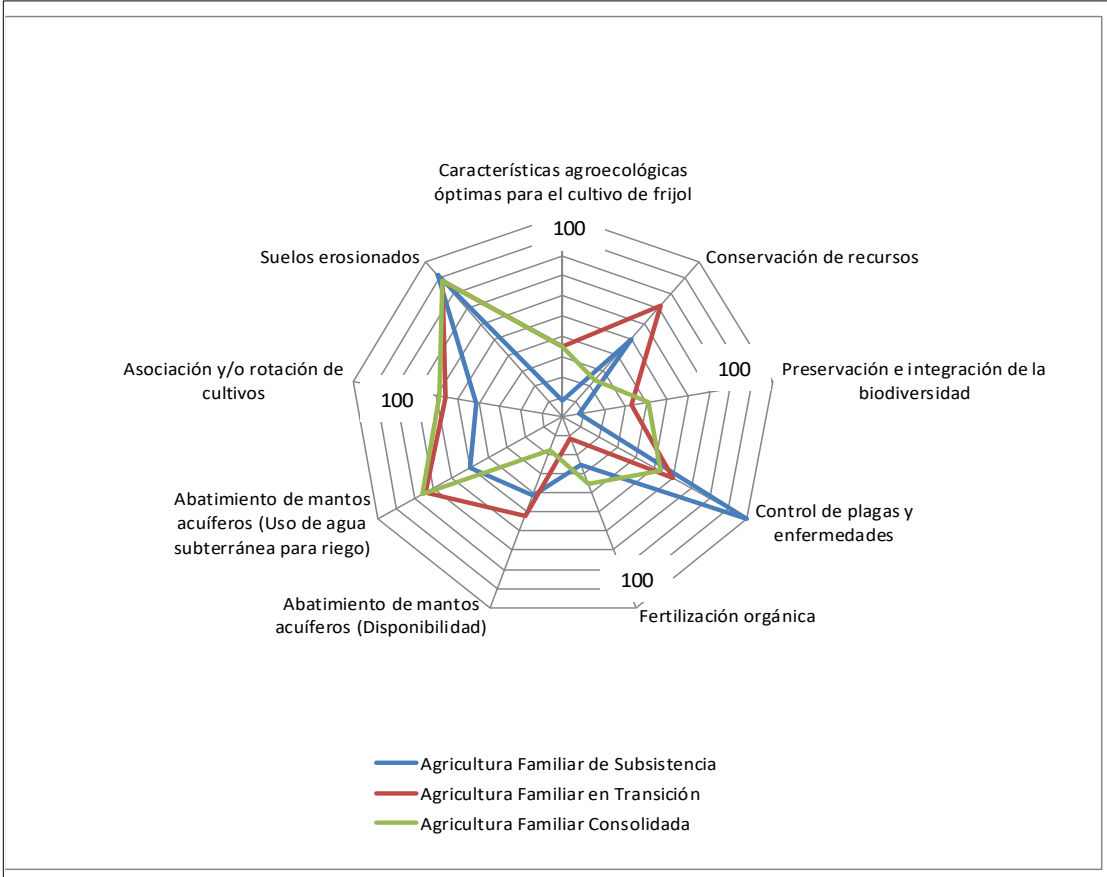


Figura 9. Proporciones obtenidas en cada indicador de la dimensión ambiental en los estratos de Agricultura Familiar de Subsistencia, en Transición y Consolidada.

FUENTE: Elaboración propia.

El estrato de agricultura familiar de subsistencia cuenta con solo un 8% de las unidades de producción encuestadas que tienen una precipitación media anual por encima de los 500 milímetros. Los estratos de agricultura familiar en

transición y consolidada reportan un 35% de sus unidades de producción con la precipitación óptima para el cultivo de frijol. Por lo tanto, es tema de debate el hecho de que el estado de Zacatecas sea el principal productor de frijol a nivel nacional y queda como cuestionamiento ¿La zona frijolera del estado cuenta con las características agroecológicas óptimas para producir frijol?

Del total de los productores solo el 8.10% cuentan con las condiciones que en este trabajo se consideran para un uso sustentable del recurso hídrico. Es decir, dichos productores se encuentran ubicados en municipios en donde se tiene una precipitación media anual por encima de los 500 mm, también existe disponibilidad en el volumen de agua para ser extraída de los mantos acuíferos y por último estos productores no extraen agua subterránea para riego. Por el contrario, el 23.78% del total de los productores presentan todas las características adversas consideradas en este trabajo para un uso sustentable del agua. De estos productores el 70.45% pertenece al grupo de agricultura no familiar y el 29.55% corresponde al grupo de agricultura familiar en los tres diferentes estratos manejados.

8.4 Nivel de Sustentabilidad Económica

Como ya se mencionó en capítulos anteriores, para evaluar la dimensión económica de los sistemas de agricultura a que se refiere este trabajo, se utilizaron 4 indicadores (Cuadro 10) que nos permitieron conocer si la actividad agrícola genera cierta conveniencia financiera para los productores y su entorno social. Cada productor fue evaluado con los indicadores propuestos en este trabajo, según el número de atributos “cumplidos” se asignó un Nivel de Sustentabilidad Económica (Cuadro 11). Así mismo se obtuvo el porcentaje de productores que desempeñan de manera efectiva cada uno de los indicadores en cada grupo o estrato que se contempla en este estudio (Cuadro 10 y Figura 10).

De manera general se observa como la agricultura no familiar presenta mayores rasgos de viabilidad económica que el sistema de agricultura familiar. Hasta

cierto punto, este resultado se considera como lógico ya que la agricultura no familiar de facto cuenta con mayores recursos que le permiten obtener mejores resultados económicos. El 62.50% de la agricultura familiar para este trabajo se le asignó un nivel de sustentabilidad bajo, en acuerdo con Llamas (2012) la agricultura del estado de Zacatecas enfrenta condiciones económicas restrictivas ya que el 60% de los productores no obtienen ganancias de su trabajo en labores agropecuarias.

Cuadro 10. Proporción de productores que cumplen con los indicadores económicos propuestos para un manejo sustentable de la unidad de producción.

INDICADOR	Agricultura No Familiar	Agricultura Familiar de Subsistencia	Agricultura Familiar en Transición	Agricultura Familiar Consolidada	Agricultura Familiar
Ingresos > Línea de Bienestar mínimo	0.57	0.08	0.31	0.59	0.33
Ingresos > Línea de Bienestar	0.43	0.08	0.15	0.47	0.21
Rendimiento	0.52	0.66	0.31	0.64	0.43
Autosuficiencia (consumo en mercado local)	0.75	0.08	0.41	0.76	0.11

FUENTE: Elaboración propia.

De acuerdo a la clasificación que se le dio a los Agricultores Familiares en estratos, la agricultura familiar consolidada cuenta con el 64.71% de los productores que tienen asignado niveles de sustentabilidad económico medio y elevado. Si se compara con los resultados obtenidos por la agricultura no familiar resulta que la agricultura familiar consolidada cuenta con mayor potencial para el aprovechamiento de los recursos productivos lo que la convierte en el tipo de agricultura más eficiente y productiva según los datos analizados en este trabajo.

Sin embargo, en la agricultura familiar de subsistencia el 83.33% de los productores tienen un nivel de sustentabilidad económico bajo. En México, el 71.9% de las unidades de producción que corresponden a este segmento de la agricultura familiar se concentran en localidades de alta y muy alta marginación lo que implica entre otros factores carencia de bienes económicos y residencia en viviendas inadecuadas (SAGARPA, FAO, 2012).

Cuadro 11. Porcentaje de productores según el Nivel de Sustentabilidad Económico asignado y según el grupo y/o estrato al que pertenecen.

Tipo de Agricultura	Nivel de Sustentabilidad Bajo	Nivel de Sustentabilidad Medio	Nivel de Sustentabilidad Elevado	Acumulado (Nivel Medio y Elevado)
No Familiar	41.90	41.90	16.20	58.10
Familiar	62.50	27.50	10.00	37.50
Estratos Agricultura Familiar				
Familiar de Subsistencia	83.33	16.67	0.00	16.67
Familiar en Transición	66.66	29.41	3.93	33.34
Familiar Consolidada	35.29	29.41	35.30	64.71

FUENTE: Elaboración propia.

Al comparar la agricultura no familiar y la agricultura familiar se tiene que el 57% de los productores de la agricultura no familiar tienen ingresos mensuales brutos provenientes de actividades agrícolas que superan la línea de bienestar mínimo en el medio rural según datos del CONEVAL (2017). El 43% de los productores de este mismo grupo supera la Línea de Bienestar. Los porcentajes para la agricultura familiar son 33 y 21% respectivamente (Figura 10). Aunque la agricultura no familiar tenga mejores resultados respecto de la agricultura familiar se puede decir que la mayoría de los productores agrícolas en este trabajo no obtienen ingresos procedentes de la agricultura suficientes para garantizar lo que

corresponde a la canasta alimentaria más la canasta no alimentaria (CONEVAL, 2017).

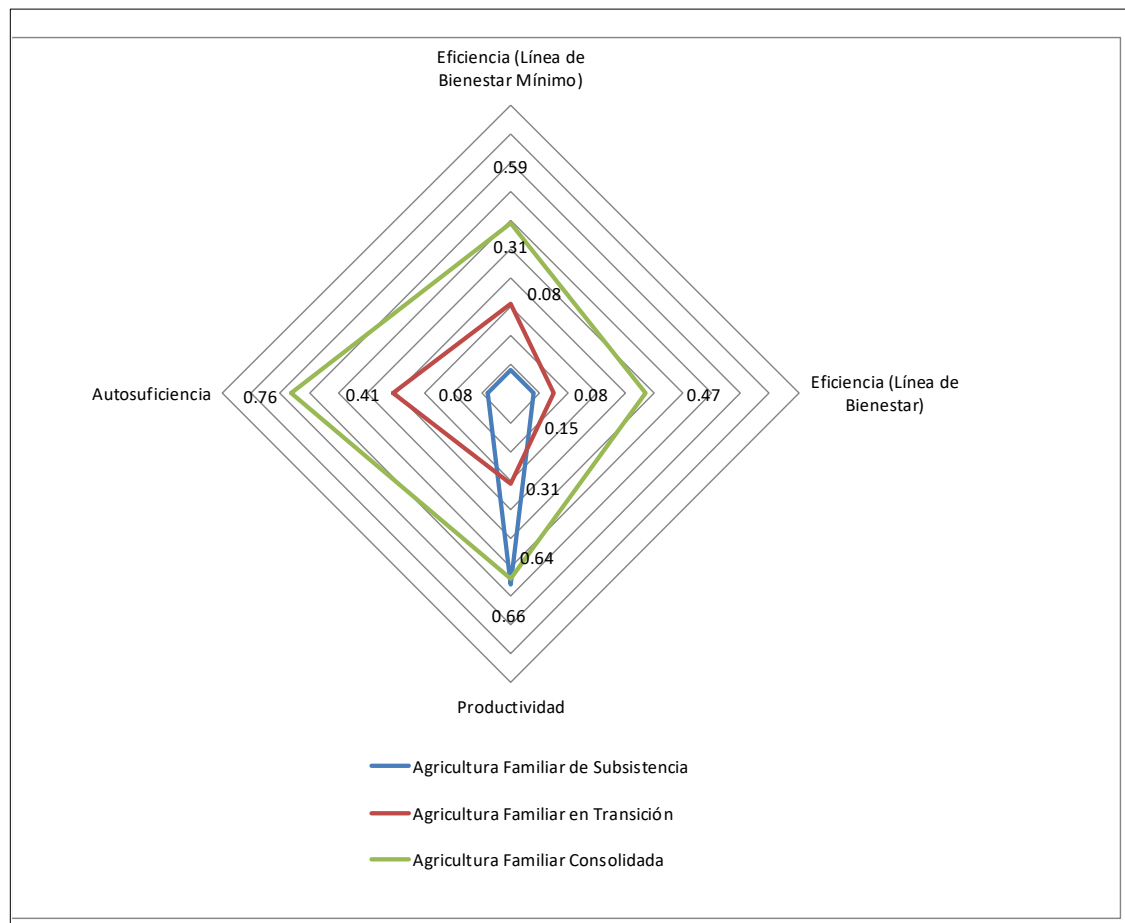


Figura 10. Proporción de productores que cumplen con los indicadores propuestos para evaluar la sustentabilidad económica de la agricultura familiar en sus diferentes estratos considerados en este trabajo.

FUENTE: Elaboración propia.

El segmento de agricultura familiar de subsistencia tiene un 0% de productores con nivel de sustentabilidad económico elevado. Los resultados de los indicadores en este segmento de agricultura familiar reflejan que son el estrato que tiene una eficiencia menor, ya que sólo el 8% de los productores obtienen ingresos mensuales que superan la línea de bienestar y bienestar mínimo. La agricultura familiar de subsistencia presenta un porcentaje bajo (8%) de

productores autosuficientes, es decir, productores que no dependen del mercado foráneo para la obtención de insumos agrícolas. Sin embargo, en este segmento de la agricultura familiar ocurre un fenómeno contrastante ya que es el estrato con mayor cantidad de productores (66%) que obtienen rendimientos en el cultivo de frijol igual o mayor al promedio nacional (Figura 10). Para Kolmans et. al., (1999) la agricultura convencional (uso de gran cantidad de energía) cada vez se muestra menos atractiva, ya que los rendimientos y la calidad no son proporcionales a las inversiones de dinero ni a la energía empleada. Al respecto Toledo (2003), sostiene que los productores agrícolas de mayor escala requieren de manera obligada el uso de insumos químicos para mantener la fertilidad del suelo, así como para evitar la entrada de plagas y enfermedades ya que por lo regular su modo de producción es el monocultivo. Según Toledo (2003), la producción del pequeño predio campesino es menos productiva energéticamente que la producción moderna. En síntesis, la mayor parte de los agricultores familiares de subsistencia obtienen ingresos de las actividades agrícolas insuficientes para adquirir los productos y servicios de la canasta alimentaria y de la canasta no alimentaria; sin embargo, la mayor parte de los agricultores familiares de subsistencia obtienen rendimientos en el cultivo de frijol, superiores al promedio nacional.

La agricultura familiar de transición es el estrato que cuenta con el menor porcentaje de agricultores productivos en cuanto al rendimiento de frijol se refiere. Además, sólo el 15% de los productores de este estrato obtiene ingresos mensuales por persona superiores a la línea de bienestar en el medio rural. Así pues, el segmento de agricultura familiar en transición, en este caso de estudio, cuenta con un 66.66% de productores en un nivel de sustentabilidad económico bajo.

La agricultura familiar consolidada presenta un 47% de los productores que la conforman en este trabajo que obtienen ingresos provenientes de las actividades agrícolas suficientes para cubrir las necesidades alimentarias y no alimentarias de cada integrante de su familia. También, el 76% de los agricultores de este estrato son autosuficientes en el sentido de que consumen a escala local los

insumos agrícolas que utilizan (Figura 10). La agricultura familiar además de incrementar los ingresos de los hogares de los productores, demanda bienes y servicios de su propia localidad o región y por lo tanto, inyecta dinamismo a la economía local (FAO, 2014).

De manera general, se puede considerar que el sistema de agricultura familiar, así como el sistema de agricultura no familiar presentan serias dificultades en lo que respecta a la estabilidad económica que generan estos sistemas. Una considerable proporción de cada uno de los tipos de agricultura aquí analizados se encuentra en un nivel de sustentabilidad económico bajo. Esto implica que el sector agrícola del estado de Zacatecas muestre una importante vulnerabilidad ante el comportamiento de las distintas variables que se involucran para que un sistema sea conveniente económicamente.

8.5 Nivel de Sustentabilidad Social

Al igual que en las otras dimensiones consideradas se evaluó la sustentabilidad social de los productores que se entrevistaron para este trabajo de investigación. Los resultados obtenidos en cada indicador de acuerdo al porcentaje de productores que efectivamente “cumplen” se muestran en el Cuadro 12. En base a esto se asignó el nivel de sustentabilidad social por cada uno de los tipos de agricultores que se han venido manejando en este trabajo (Cuadro 13).

El nivel de sustentabilidad social fue asignado según el número de indicadores que cada productor cumple durante el manejo de su unidad de producción en relación a que tan socialmente justa es dicha unidad. La agricultura familiar como grupo general cuenta con un 97.5% de productores con Nivel de sustentabilidad social medio o elevado. Por su parte, el 95.24% de los agricultores no familiares también cuentan con un nivel de sustentabilidad social medio o elevado. Estos resultados indican que en base a los cuatro criterios establecidos las unidades de producción, para este caso de estudio, tienen un desempeño adecuado en cuanto a la sustentabilidad social.

Es importante señalar que el segmento de agricultura familiar de subsistencia cuenta con el 100% de los productores en un nivel de sustentabilidad social medio o elevado. La agricultura familiar de transición presenta un 98.04% de los productores con un nivel de sustentabilidad social medio o elevado (Cuadro 13). Sin embargo, aunque el segmento de agricultura familiar consolidada tenga la mayor presencia en el nivel de sustentabilidad social medio, el 0% de sus productores tienen un nivel elevado de sustentabilidad social (Cuadro 13).

Cuadro 12. Proporción de productores que cumplen con los indicadores sociales propuestos para un manejo sustentable de la unidad de producción.

Indicador	Agricultura No Familiar	Agricultura Familiar de Subsistencia	Agricultura Familiar en Transición	Agricultura Familiar Consolidada	Agricultura Familiar
Herencia de tierras	0.34	0.33	0.52	0.24	0.43
Transmisión de conocimiento local	0.90	0.91	0.92	0.88	0.91
Auto-dependencia (decisión sobre cultivos)	0.80	0.67	0.84	0.71	0.78
Formación escolar de los productores	0.39	0.41	0.13	0.53	0.26

FUENTE: Elaboración propia.

En cuanto al indicador que refleja la transmisión de conocimientos y habilidades locales de los productores hacia con sus hijos y/o nietos, se obtuvieron resultados similares para los tres estratos de agricultura familiar. Los productores de la agricultura familiar en transición en un 92% manifestaron que si llevan a cabo dicha práctica. Para Mora (2008), los campesinos han desarrollado estrategias articuladas para garantizar su sustento, esto fundamentado en el conocimiento

de su entorno y generado por la experimentación y heredado de generación en generación.

Uno de los objetivos que Altieri, et al., (2000) señalan para la agricultura sustentable es la participación del productor en decidir la dirección de su propio desarrollo agrícola. Para tratar de determinar si los productores, en este caso de estudio, son autodependientes se utilizó el indicador que refleja si existe libertad por parte del productor para decidir los cultivos que maneja en su unidad de producción. La agricultura familiar en transición tiene un 84% de los productores que deciden libremente los cultivos que se manejan en sus unidades de producción.

En la Figura 11 se muestran los resultados por cada indicador evaluado en la dimensión social. La escala es de 0 a 1, entendiendo que 1 es el valor que más aporta para que el sistema sea sustentable por lo que los puntos que más se alejen del centro sugieren que el indicador en cuestión tiene un resultado favorable para la sustentabilidad social en los tres estratos de la agricultura familiar.

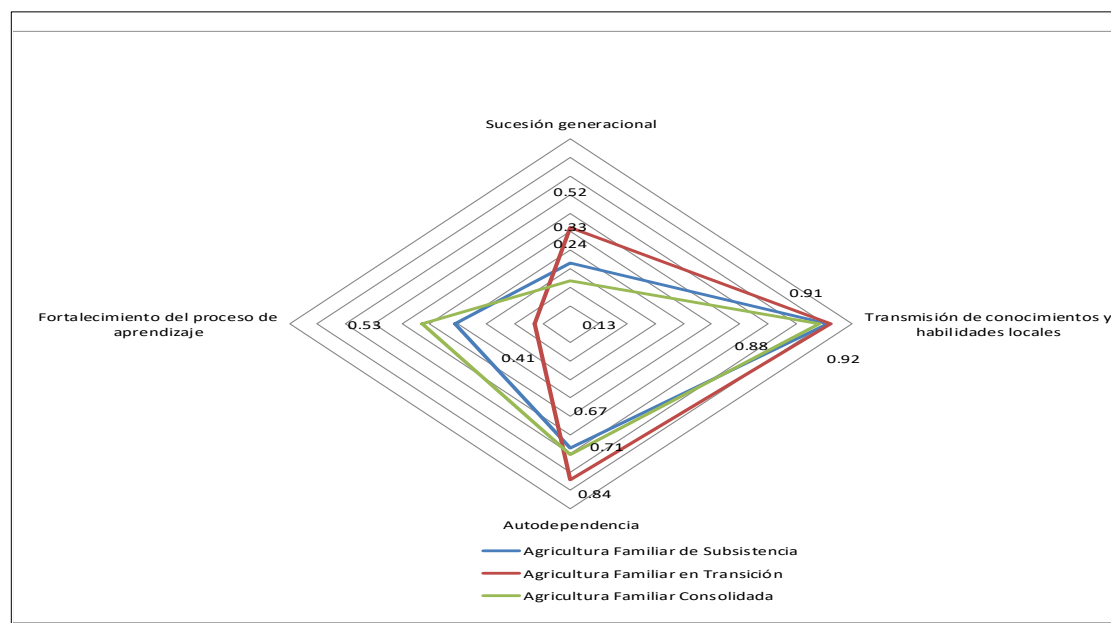


Figura 11. Proporción de productores que cumplen con los indicadores propuestos para evaluar la sustentabilidad social de la agricultura familiar en sus diferentes estratos considerados.

FUENTE: Elaboración propia.

En la misma Figura 11 se observa claramente como el indicador formación escolar de los productores es el que menos aporta para que socialmente la agricultura familiar sea sustentable. Este indicador muestra si los productores superan el grado escolar promedio en México que es de 9.1 años (INEGI, 2017). En el estrato de agricultura en transición solamente un 13% de los productores superan esta media nacional. El 53% de la agricultura familiar consolidada cuenta con un grado escolar superior a los 9.1 años que corresponden al promedio nacional. En el trabajo realizado por la FAO y SAGARPA (2012) la agricultura familiar consolidada tiene un 14.5% de los productores que cuentan con algún grado de secundaria. La agricultura familiar en transición tiene sólo un 10.5% de los productores con algún grado de secundaria.

Cuadro 13. Porcentaje de productores según el nivel de sustentabilidad social asignado y según el grupo y/o estrato al que pertenecen.

Tipo de Agricultura	Nivel de Sustentabilidad Bajo	Nivel de Sustentabilidad Medio	Nivel de Sustentabilidad Elevado	Acumulado (Nivel Medio y Elevado)
No Familiar	4.76	85.71	9.53	95.24
Familiar	2.50	92.50	5.00	97.50
Estratos Agricultura Familiar				
Familiar de Subsistencia	0	91.66	8.34	100
Familiar en Transición	1.96	92.15	5.89	98.04
Familiar Consolidada	5.88	94.11	0	94.11

FUENTE: Elaboración propia.

8.6 Correlación de variables

Después de determinar el nivel de sustentabilidad para cada tipo de productor en cada una de las dimensiones consideradas en este trabajo, se consideró

pertinente conocer si existe una relación estadística significativa entre este y las características que definen a la agricultura familiar. Para esto, se calcularon los coeficientes de correlación entre el nivel de sustentabilidad de los productores y la superficie (hectáreas) que trabaja, el % de mano de obra familiar que se emplea en la unidad de producción y los ingresos provenientes de las actividades agrícolas (\$). Por último, para conocer si existe una significancia estadística entre estas correlaciones se llevó a cabo la prueba t student.

Cuadro 14. Coeficiente de Correlación entre variables que definen a la agricultura familiar y nivel de sustentabilidad ambiental, económico y social. Prueba t student.

VARIABLE (independiente)	VARIABLE (dependiente)	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	t CALCULADA	t TABLAS	SIGNIFICANCIA (p)
Superficie	Nivel Sust Amb	0.0397	-0.5375	1.653	0.05
	Nivel Sust Econ	0.0829	1.126	1.653	0.05
	Nivel Sust Soc	0.1003	1.36	1.653	0.05
% Mano de Obra Familiar	Nivel Sust Amb	0.101	1.3736	1.653	0.05
	Nivel Sust Econ	0.1444	-1.975	1.972	0.025
	Nivel Sust Soc	0.0918	-1.24	1.653	0.05
Total de Ingresos por actividades agrícolas	Nivel Sust Amb	0.127	-1.73	1.653	0.05
	Nivel Sust Econ	0.4155	6.1795	3.33	0.0005
	Nivel Sust Soc	0.2549	3.56	3.33	0.0005

FUENTE: Elaboración propia.

En el Cuadro 14 se puede observar que el porcentaje de mano de obra familiar que se emplea en las unidades de producción tiene una relación inversa con el nivel de sustentabilidad económico ($p=0.025$). Es decir, de los agricultores familiares que emplean mayor porcentaje de mano de obra familiar en sus unidades de producción, el 61.72% obtuvo un nivel de sustentabilidad económico bajo. Esto puede deberse a que el Total de Ingresos por agricultura se distribuye entre más personas, y es por eso que no logran superar las líneas de bienestar

y bienestar mínimo que CONEVAL establece para medir la pobreza. La mayor parte de estos productores tampoco obtienen rendimientos de frijol por encima del promedio nacional (.754 ton/ha). En la Figura 12 se muestra la relación que existe entre el porcentaje de mano de obra familiar que se emplea en las unidades de producción y el nivel de sustentabilidad económico.

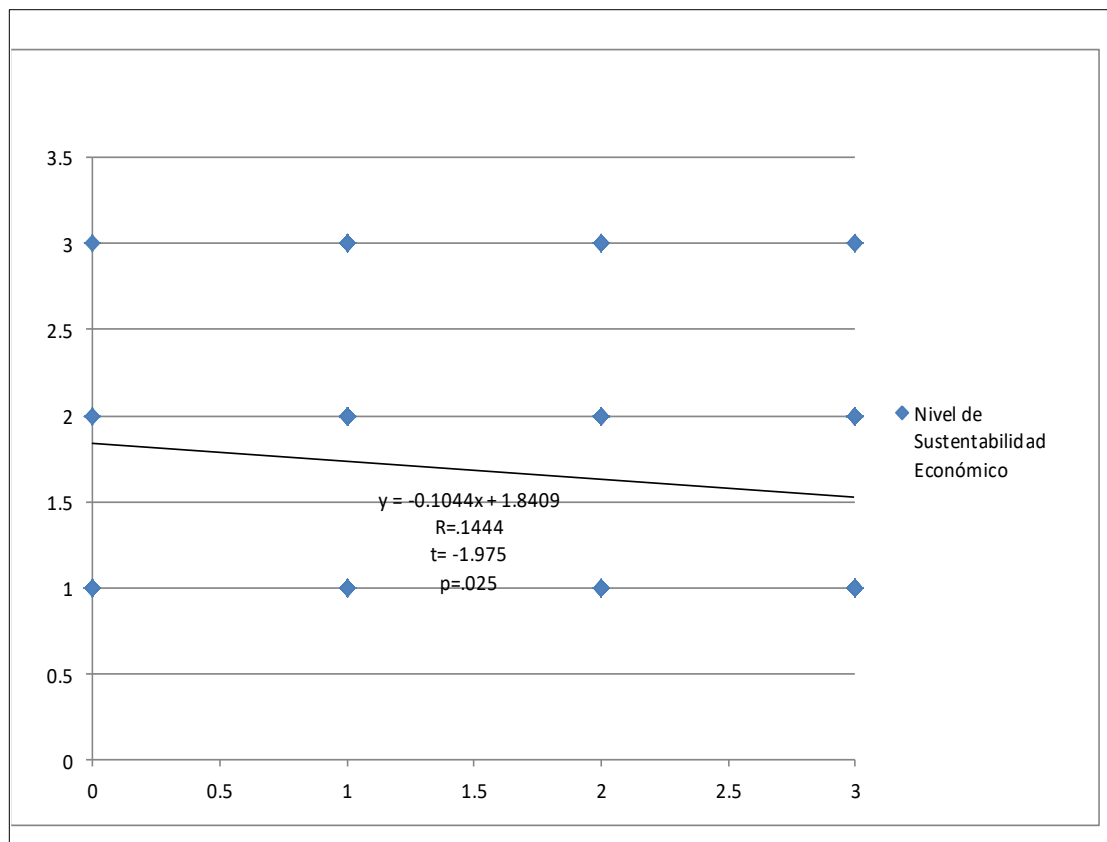


Figura 12. Nivel de sustentabilidad económico según la mano de obra familiar empleada en la unidad de producción (de 0 a 3, donde 0=no utiliza mano de obra familiar, 1=utiliza menos del 30% de mano de obra familiar, 2= entre el 30-60% de mano de obra familiar, 3= más del 60% es mano de obra familiar).

FUENTE: Elaboración propia.

En la figura 13 se puede observar como el nivel de sustentabilidad ambiental también tiene una relación inversa con el total de ingresos por actividades agrícolas con una probabilidad de $p=.05$. Los agricultores que obtuvieron un nivel de sustentabilidad ambiental bajo en promedio tuvieron ingresos por actividades agrícolas de \$181,600.00, la mayoría de estos productores se encuentran

ubicados en municipios donde la precipitación es menor a los 500 mm, los mantos acuíferos presentan un déficit en el volumen de agua disponible, la mayoría de estos productores riega con pozo profundo, no utiliza semilla criolla, todos utilizan pesticidas y la mayor parte de ellos no lleva a cabo la rotación de cultivos. Por el contrario, los agricultores que se les fue asignado un nivel de sustentabilidad alto en promedio obtuvieron ingresos por \$48,975.00, de estos productores la mayoría se encuentra ubicados en municipios con precipitación óptima para el cultivo de frijol, la mayoría utiliza semilla criolla, manejan más de 3 cultivos, asocian y/o rotan cultivos, aplican abonos orgánicos y no usan pesticidas.

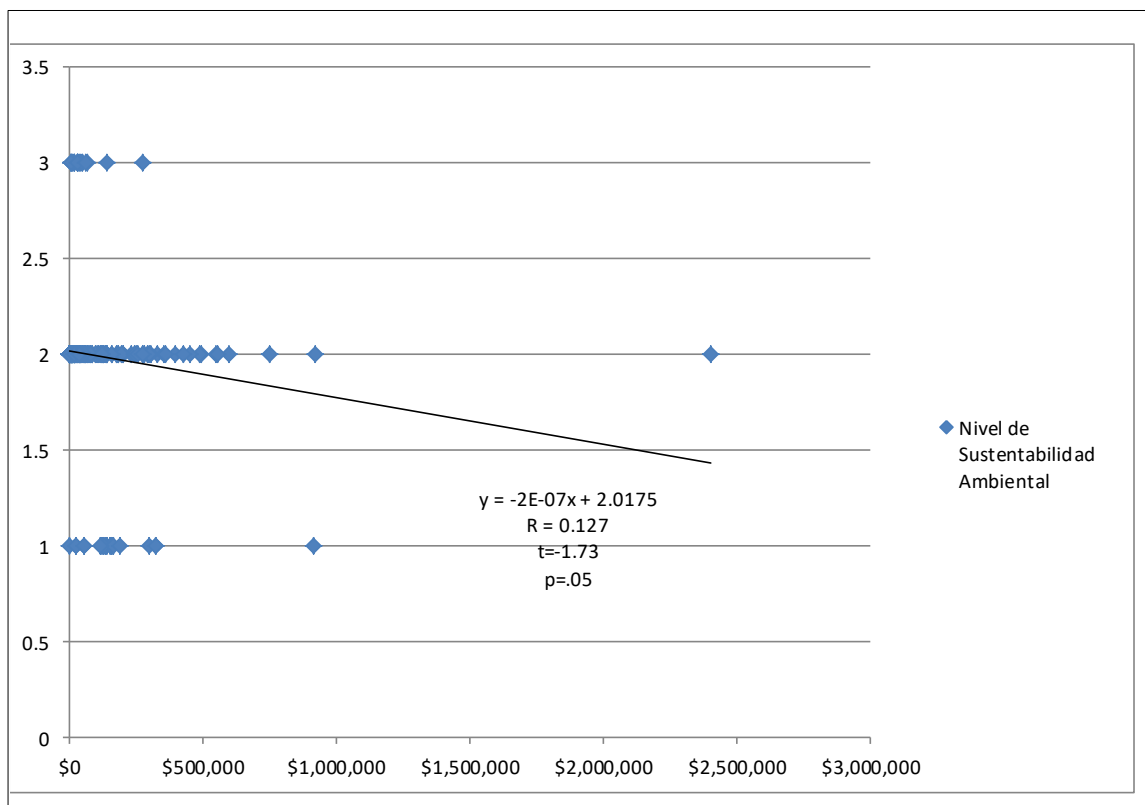


Figura 13. Nivel de sustentabilidad ambiental según el total de ingresos por actividades agrícolas.

FUENTE: Elaboración propia.

El nivel de sustentabilidad social tiene una relación directa con el total de ingresos por actividades agrícolas ($p=0.0005$). En la figura 14 se puede observar cómo a mayores ingresos percibidos por los agricultores por actividades agrícolas

obtuvieron un nivel de sustentabilidad social mayor. Los agricultores que se les asignó un nivel de sustentabilidad social elevado tienen en promedio ingresos por \$436,345.70 y el 100% de estos productores tienen la disposición de ceder en herencia sus tierras, todos transmiten el conocimiento local a sus hijos y nietos, todos deciden libremente que cultivos sembrar y todos cuentan con un nivel de escolaridad superior al promedio nacional. Por el contrario, los agricultores que obtuvieron un nivel de sustentabilidad social bajo obtienen ingresos en promedio por \$60,115.00 y la mayoría no cumple con los indicadores propuestos por este trabajo para garantizar la sustentabilidad social de la unidad de producción.

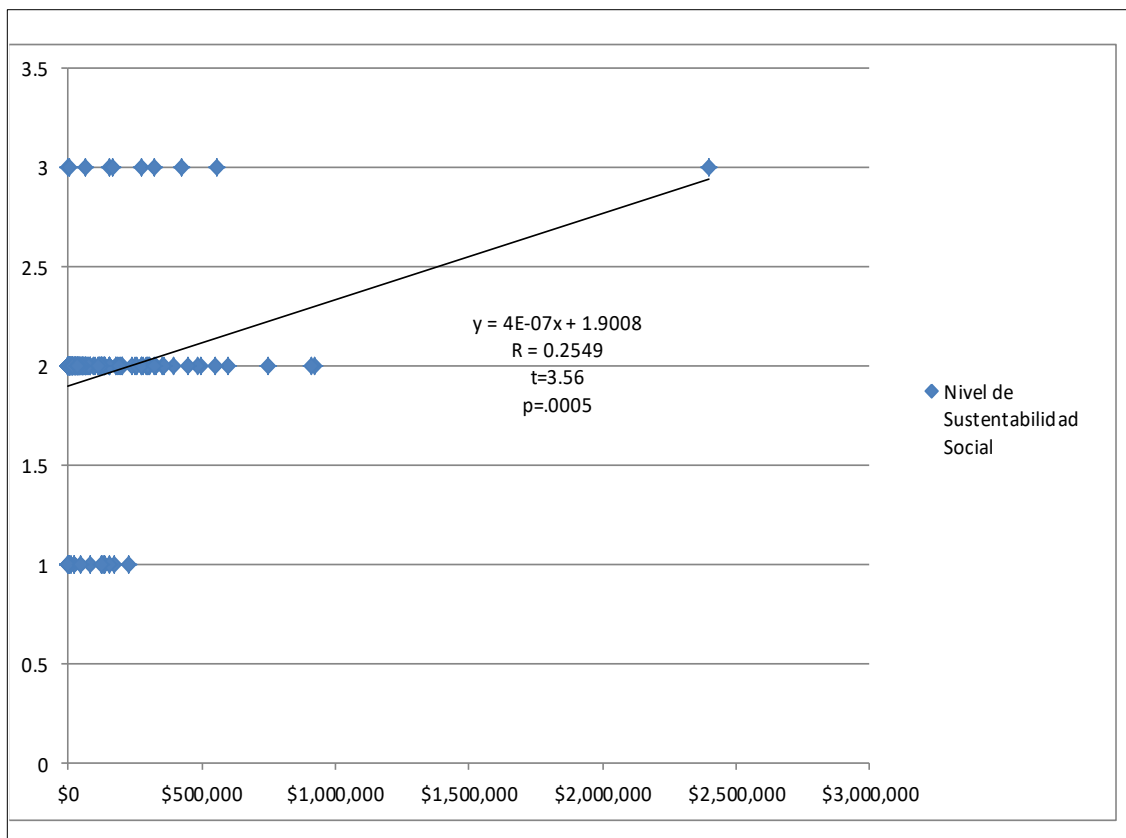


Figura 14. Nivel de sustentabilidad social según el total de ingresos por actividades agrícolas.

FUENTE: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Este trabajo de investigación permitió conocer el nivel de sustentabilidad ambiental, económico y social del sistema de agricultura familiar en el Estado de Zacatecas. La sustentabilidad de la agricultura familiar y no familiar del estado de Zacatecas fue evaluada mediante el uso de indicadores ambientales, económicos y sociales. En respuesta a la hipótesis planteada en un inicio, se puede constatar que la agricultura familiar en el Estado de Zacatecas presenta mayores rasgos de sustentabilidad en la dimensión ambiental y en la dimensión social con respecto de la agricultura considerada como no familiar. De manera contraria, el sistema de agricultura no familiar resultó ser más sustentable en la dimensión económica que la agricultura familiar.

De acuerdo con los objetivos específicos que fueron propuestos para este trabajo, primeramente, se llevó a cabo una caracterización de los sistemas de agricultura familiar y no familiar de los 19 municipios que comprende el área de estudio. Para tener una visión más clara del comportamiento de la agricultura familiar se hizo una estratificación de los productores según su grado de integración al mercado, estableciendo tres estratos: agricultura familiar de subsistencia, agricultura familiar en transición y agricultura familiar consolidada. Para analizar la sustentabilidad en los diferentes sistemas y estratos agrícolas, se adecuó una metodología que permitió asignar niveles de sustentabilidad ambiental, económico y social para cada productor. Estos niveles fueron comparados para establecer cual sistema de agricultura en el estado de Zacatecas presenta mayores rasgos de sustentabilidad, resultando que:

- La agricultura familiar tiene mayor porcentaje de productores con niveles de sustentabilidad ambiental medio y elevado. El estrato de agricultura

familiar de subsistencia cuenta con mayor potencial para el manejo ambiental sustentable de las unidades de producción, ya que la totalidad de los productores pertenecientes a este segmento, no utiliza pesticidas de origen químico para el control de plagas y enfermedades, también es el segmento donde menos unidades de producción superan la media estatal en suelos erosionados por municipio por más de 5 años. Sin embargo, la agricultura familiar consolidada es el estrato que presenta una considerable proporción de productores con nivel de sustentabilidad bajo, esto se debe a que la gran mayoría de las unidades de producción correspondientes a este estrato se encuentran ubicadas en zonas donde los mantos acuíferos han sido sobre explotados, además de que la mayoría de los productores no utiliza semilla criolla por lo que no contribuye a la conservación de los recursos biogenéticos.

- En cuanto a la dimensión económica se refiere, la mayoría de los productores se encuentran en un nivel de sustentabilidad económico medio y bajo. La agricultura familiar cuenta con poco más de la tercera parte de sus productores con niveles de sustentabilidad medio o elevado, esto es una situación complicada ya que es evidente que una gran parte de los agricultores familiares no dispone de las condiciones mínimas necesarias que le garanticen una estabilidad económica por los ingresos que obtiene de actividades agrícolas. Los estratos de la agricultura familiar en general presentan rezagos en cuanto a la viabilidad económica del sistema. Sin embargo, la agricultura familiar de subsistencia y la agricultura familiar consolidada poseen el mayor potencial de productividad, siendo estas unidades de producción las que mejores rendimientos obtienen en el cultivo de frijol.
- La mayoría de los agricultores familiares, para este caso de estudio, presentan niveles de sustentabilidad social medio o elevado. El estrato que cuenta con mayor potencial para el desarrollo social de sus productores es la agricultura familiar en transición. No obstante, es importante señalar que de manera general los sistemas de agricultura

analizados en este trabajo muestran un rezago educativo considerable, ya que la mayoría de los productores no cuentan con el grado escolar promedio en México. Esto implica una posible desinformación respecto de cómo manejar la unidad de producción con un enfoque sustentable.

Al determinar las correlaciones estadísticas entre los niveles de sustentabilidad y las características que definen a la agricultura familiar, se puede decir que:

- La cantidad de mano de obra familiar que se emplea en las unidades de producción tiene una relación inversa con el nivel de sustentabilidad económico, esto puede deberse a que el ingreso por actividades agrícolas se distribuye entre más personas, y por lo tanto, no son suficientes para abastecer las necesidades básicas de los dependientes económicos de las unidades de producción.
- El nivel de sustentabilidad ambiental tiene una relación inversa con el total de ingresos por actividades agrícolas esto puede atribuirse a que, con el objetivo de obtener mayores rendimientos y mayor cantidad de ingresos, los productores llevan a cabo prácticas agrícolas que impactan negativamente el medio ambiente, como el uso de pesticidas de origen químico, semillas criollas, agua subterránea para riego, entre otras. En este trabajo se puede observar que los agricultores de subsistencia son los productores con mayor potencial para el cuidado de los recursos naturales. Esta condición los pudiera hacer sujetos de apoyos gubernamentales que les permitan incrementar su potencial productivo enfatizando su capacidad de sostener la estabilidad ambiental de los agroecosistemas.
- El nivel de sustentabilidad social guarda una relación directa con el total de ingresos por actividades agrícolas, una causa posible puede ser, que a medida que los ingresos aumentan se puede tener más fácil acceso a los sistemas formativos lo cual fortalece el proceso de aprendizaje de los productores haciendo más sustentable la unidad de producción.

En atención al marco teórico manejado para este trabajo, se asumió como concepto de desarrollo sustentable aquel que pretende garantizar las necesidades presentes y futuras de la humanidad y que es conformado por la interacción de la dimensión ambiental, económica y social. De tal manera, que la investigación se llevó a cabo considerando la capacidad de los sistemas agrícolas para satisfacer las necesidades actuales y próximas de los involucrados en dichos sistemas. Dicha capacidad se evaluó mediante la asignación de niveles de sustentabilidad en cada una de las dimensiones que considera el desarrollo sustentable (ambiental, económica y social).

En el marco teórico, también se dejó plasmado lo que para este trabajo implica la agricultura sustentable. Entendiéndose por esta, aquel sistema agrícola que produce alimentos para satisfacer las necesidades básicas de la población, mediante prácticas que fomenten la conservación de los recursos naturales; así como proporcionar cierta seguridad económica al productor y a su familia; de igual manera fortalecer los lazos culturales y sociales de su entorno. En este estudio se consideró el supuesto que existen sistemas agrícolas que pudieran presentar características semejantes a las de una agricultura sustentable. Después de llevar a cabo esta investigación se puede decir que la agricultura familiar para este caso de estudio, en efecto cuenta con características que la asemejan a un sistema de agricultura sustentable. Los agricultores familiares a los que se refiere este trabajo, tratan de conservar los recursos naturales de su entorno, las unidades de producción a pesar de las limitaciones económicas tienen un importante potencial productivo; de igual manera, se considera que el sistema de agricultura familiar trata de fortalecer los lazos sociales y culturales de su entorno.

Para llevar a cabo este trabajo se presentaron factores no observados y no controlados que limitaron los alcances del presente. Hace falta disponer con información de primera mano respecto al uso de maquinaria agrícola para determinar el daño provocado a los suelos por compactación. Es importante conocer cuáles fertilizantes sintéticos y cuales pesticidas de origen químico se utilizan y en qué proporción para poder determinar la concentración de nitrato por

litro en el caso de los fertilizantes sintéticos y la tasa de toxicidad para los pesticidas. En cuestiones socioeconómicas, hace falta información respecto de los costos de producción y precio de venta de los cultivos manejados para poder determinar la relación costo-beneficio y evaluar la rentabilidad de la unidad de producción. También se requiere información sobre la cantidad de personas ajenas a la familia que se emplean de manera permanente en la unidad de producción, para así establecer el beneficio social que esta brinda mediante la generación de empleos.

A pesar de la posición privilegiada que tiene el Estado en cuanto a la producción de frijol, se ha visto como la mayor parte de los productores a que se refiere este trabajo no cuentan con las condiciones agroecológicas necesarias para la producción del grano, específicamente, la precipitación media anual se encuentra por debajo de lo requerido para este cultivo. Aunado a esto, o como consecuencia de la condición anterior, el rendimiento de frijol no supera los promedios nacionales. Por lo tanto, se recomienda a productores que pertenezcan a los municipios con precipitación media anual no apta para el cultivo de frijol integrarse a un programa de reconversión productiva hacia cultivos más apropiados a las características físicas de la región.

Una de las posibles causas de que los agricultores familiares no lleven a cabo prácticas de conservación y recuperación de suelos es probablemente la falta de información y capacitación. La fertilización orgánica y la diversificación de cultivos son procesos que requieren cierta capacitación para poder realizarse de la manera correcta. Se recomienda a instancias de gobierno implementar programas de capacitación de prácticas agroecológicas a productores de tipo familiar para incrementar su potencial productivo y a la vez, fomentar el buen uso de los recursos naturales. Todo esto con la finalidad de que la actividad primaria más importante del estado se sustente a través del tiempo.

La metodología empleada para este trabajo consideró indicadores que se adecuaron a las necesidades y características de la zona de estudio. Por lo tanto se recomienda en futuras investigaciones particularizar los indicadores que serán utilizados de acuerdo a las características del sistema que se desee evaluar, para

de esta manera, obtener resultados relevantes y pertinentes para el caso que se desee abordar.

REFERENCIAS CITADAS

- Aktar, M., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisc Toxicol*, 1-12.
- Altieri, M. (1991). ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? *CLADES*(1), 1-14.
- Altieri, M. A. (1999). *Agroecología Bases Científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo: Nordan.
- Altieri, M., y Clara I. Nicholls. (2000). *Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. México: PNUMA.
- Altieri, M., y Toledo, V. (2011). La Revolución Agroecológica en América Latina. *SOCLA*, 1-34.
- Alturria, L., Fonzar, A., Ceresa, A., y Arnés, E. (2014). Propuesta de inidcadores de sustentabilidad para la producción de vid en Mendoza, Argentina. *FCA UNCUYO*, 46(1), 161-180.
- Arrieta Bolaños, S., Cerda, R. H., & Hidalgo, E. (2014). Prácticas agroecológicas para mejorar la producción y la seguridad alimentaria en huertos caseros en Nicaragua Central. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/283424893>
- Bos, M., Van den Bosch, H., Diemont, H., Van Keulen, H., Lahr, J., Meijerink, G., & Verhagen, A. (2007). Quantifying the sustainability of agriculture. Springer Science + Business Media B.V., 1-15.
- Boutraa, T. (2010). Improvement of water use efficiency in irrigated agriculture: A review. *Journal of Agronomy*, 1-8.
- Candelaria-Martínez, B., Ruiz Rosado, O., Pérez Hernández, P., Gallardo López, F., Vargas Villamil, L., Martínez Becerra, Á., y Flota Bañuelos, C. (2014). Sustentabilidad de los agroecosistemas de la microcuenca Paso de Ovejas I, Veracruz, México. *Cuadernos de desarrollo rural*, 11(75), 87-104.
- CEPAL, FAO, IICA. (2014). Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe. San José, C.R.: IICA.
- CEPAL. (2016). *Agenda 2030 y los objetivos del desarrollo sustentable, una oportunidad para América Latina y El Caribe*. Santiago, Chile: ONU.

- Chomitz, K. M. (2007). *¿Realidades antagónicas? Expansión agrícola, reducción de la pobreza y medio ambiente en los bosques tropicales*. Bogotá, Colombia: Banco Mundial.
- CONAGUA. (03 de 03 de 2017). *Agua Subterránea*. Obtenido de Disponibilidad por Acuíferos: <http://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/disponibilidad-por-acuiferos-66095>
- CONEVAL. (11 de Agosto de 2017). *Medición de la pobreza*. Obtenido de Líneas de bienestar y canasta alimentaria: <http://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Lineas-de-bienestar-y-canasta-basica.aspx>.
- Czerny, M., & Córdova Aguilar, H. (2015). El desarrollo sustentable, políticas de la gestión de los recursos y las actividades de las sociedades locales. En M. Czerny, & H. Córdova Aguilar, *Desarrollo sustentable en regiones rurales y periféricas* (págs. 9-26). Quito, Ecuador: Abya-Yala.
- De Fraiture, C., & Wichelns, D. (2009). Satisfying future water demands for agriculture. *Agricultural Water Management*, 502-511.
- FAO. (2002). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido*.
- FAO. (2014). *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política*. Santiago Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2016a). *Agricultura Sostenible y Biodiversidad - Un Vínculo Indisociable*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i6602s.pdf>
- FAO. (2016b). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2016 - Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria*. Roma: FAO.
- FAO. (2017). *Los pequeños productores y la agricultura familiar*. Obtenido de <http://www.fao.org/family-farming/themes/smallfamilyfarmers/es/>
- FAO, Comité de Agricultura. (2007). *La agricultura y la escasez de agua: enfoque programático de la eficiencia en el uso del agua y la productividad agrícola*. Roma.
- Ferguson, B. G., Morales, H., González Rojas, A., Iñiguez Perez, F., Martínez Torres, M., McAfee, K., . . . Realpozo Reyes, R. (2009). La Soberanía Alimentaria: Cultivando nuevas alianzas entre campo, bosque y ciudad. *Agroecología*, 49-58.
- Foley, J. (2011). Can we feed the world and sustain the planet? *Scientific American*, 60-65.
- Garner, E., & De la O Campos, A. (2014). *Identifying the "family farm": an informal discussion of the concepts and definitions*. ESA Working Paper No. 14-10. Rome: FAO.
- Gobierno de la República. (2013). *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*. Obtenido de <http://pnd.gob.mx/>

- Gudynas, E. (2004). *Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible*. Montevideo: CLAES.
- Gutierrez Cedillo, J. G. (2006). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas. *Espacio y Desarrollo*(18), 6-27.
- Hani, F. J. (2006). Global Agriculture in Need of Sustainability Assessment. *Sustainable Agriculture- From common principles to common practices* (págs. 3-18). Bern, Switzerland: International Institute for Sustainable Development.
- Herrera Cabrera, B., Macías López, A., Díaz Ruíz, R., Valadez Ramírez, M., & Delgado Alvarado, A. (2002). Uso de semilla criolla y caracteres de mazorca para la selección de semilla de maíz en México. *Fitotec*, 17-23.
- INEGI. (2007). *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007*. Obtenido de Tabulados básicos: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=17177&s>
- INEGI. (2014). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática*. Obtenido de PIB y Cuentas Nacionales: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/pibe/default.aspx>
- INEGI. (2016). *Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática*. Obtenido de Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. Tabulados básicos: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/agropecuarias/ena/ena2014/doc/tabulados.html>
- INEGI.(2017).*Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática*. (11 de Agosto de 2017). *Cuéntame*. Obtenido de Escolaridad: <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/escolaridad.aspx?tema=P>
- INEGI.(2017). *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*. (Agosto de 2017). *Sala de prensa*. Obtenido de Estadísticas a propósito del día de la familia mexicana (5 de marzo) "Datos Nacionales": http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2017/familia2017_Nal.pdf
- INIFAP. (2016). *Reporte agrometeorológico. Diciembre de 2016. Red de monitoreo agroclimático del estado de Zacatecas*. México: INIFAP.
- Johnson, M. (1992). *Lore: Capturing Traditional Environmental Knowledge*. Ottawa: Dene Cultural Institute/IDRC.
- Kolmans, E., & Vásquez, D. (1999). *Manual de Agricultura Ecológica: Una introducción a los principios básicos y su aplicación*. La Habana: Grupo de Agricultura Orgánica.
- Lara Flores, M. (2015). El cultivo de frijol en México. *Revista Universitaria Digital*, 1-11.

- Llamas González, Á. (2012). *Pobreza y Degradación Ambiental en la Agricultura del Estado de Zacatecas a Nivel Municipal*. Zacatecas: Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Llamas González, Á., & Foladori, G. (2012). Indicadores para una caracterización ambiental de la agricultura en el estado de Zacatecas. En P. Rivera, & G. Foladori, *Medio ambiente e insustentabilidad en Zacatecas* (págs. 223-258). Tijuana: Juan Pablos Editor, S.A.
- Lowder, S. K., Skoet, J., & Singh, S. (2014). *What do we really know about the number and distribution of farms and family farms worldwide? Background paper for The State of Food and Agriculture 2014*. Rome: ESA Working Paper No. 14-02 FAO.
- Martínez Castillo, R. (2008). Agricultura tradicional campesina: características ecológicas. *Tecnología en marcha*, 21(21), 3-13.
- Martínez-Salvador, M., Beltrán-Morales, L., Valdez-Cepeda, R., Troyo-Diequez, E., Murillo-B, A., Jiménez-Galindo, J., & Ortega-Rubio, A. (2007). Assessment of sustainability performance on the utilization of agave (agave salmiana ssp crassispina) in Zacateca, Mexico. *International Journal of Sustainable Development*, 1-10.
- Márquez Madrid, M., Ruiz Garduño, R. R., Valdez Cepeda, R. D., & Blanco Macías, F. (2012). Estado de degradación del suelo en los pastizales de la Cuenca del Río Juchipila. En P. Rivera, & G. Foladori, *Medio ambiente e insustentabilidad en Zacatecas* (págs. 177-198). México: El Colegio de la Frontera Norte.
- Masera, O., Astier, M., & López Ridauro, S. (2000). El marco de evaluación MESMIS. En *Sustentabilidad y sistemas campesinos* (págs. 13-44). Madrid (España): Ediciones Paraninfo S.A.
- Mora Delgado, J. (2008). Persistencia, conocimiento local y estrategias de vida en sociedades campesinas. *Revista de Estudios Sociales*(29), 122-133.
- ONU Asamblea General. (2010). Informe del Relator Especial sobre el derecho a la alimentación. ONU.
- Pasillas Valeriano, C. (2015). Sustentabilidad de la ganadería familiar en el municipio de Jerez, Zacatecas. Zacatecas.
- Pimentel, D. (2006). Soil erosion: a food and environmental threat. *Environment Development and Sustainability*, 119-137.
- PNUMA. (2008). *La biodiversidad y la agricultura; salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo*. Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- Rosegrant, M., Ringler, C., & Zhu, T. (November de 2009). *Water for Agriculture: Maintaining Food Security under Growing Scarcity*. Obtenido de Annual Review of Environment and Resources:

<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.environ.030308.090351?journalCode=energy>

- Sabourin, E., Samper, M., & Sotomayor, O. (2014). *Políticas públicas y agriculturas familiares en América Latina y el Caribe*. CEPAL.
- SAGARPA . (13 de 12 de 2013). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. Obtenido de Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018: [http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/2015/MANUALES%20Y%20PLANES/Programa_Sectorial_SAGARPA_2013-2018%20\(1\).pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/2015/MANUALES%20Y%20PLANES/Programa_Sectorial_SAGARPA_2013-2018%20(1).pdf)
- SAGARPA, FAO. (2012). *Agricultura Familiar con Potencial Productivo en México*. MÉXICO.
- Santoyo Alonso, L., & Hillerkuss, T. (2012). Agua esperé y tarde sembré. La dotación de aguas de la Hacienda de Espíritu Santo, Pinos, Zacatecas (1930-1967). En P. Rivera, & G. Foladori, Medio ambiente e insustentabilidad en Zacatecas (págs. 67-93). México: El Colegio de la Frontera Norte.
- Schneider, S., & Escher, F. (2014). El concepto de Agricultura Familiar en América Latina. En *Clara Craviott*.
- SEDAGRO. (2011). *Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario 2011-2016*. Zacatecas.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (20 de 02 de 2017). *Producción Agrícola*. Obtenido de Avance de Siembras y Cosechas: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (10 de Agosto de 2017). *Infosiap*. Obtenido de Anuario estadístico de la producción agrícola: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/cultivo/index.jsp
- Toledo, V., Alarcón Chaires, P., & Barón, L. (2002). *La modernización rural de México un análisis socioecológico*. México: SEMARNAT, INE, UNAM).
- Toledo, V. M. (2003). Ecología, Espiritualidad y Conocimiento (Primera ed.). México: Universidad Iberoamericana. Torres Torres, F. (2010). Rasgos perennes de la crisis alimentaria en México. *Estudios Sociales*, 125-154.
- Van der Ploeg, J. (2015). *El campesinado y el arte de la agricultura. Un manifiesto chayanoviano*. Zacatecas, México: MaPorrúa.
- Van der Ploeg, J. D. (2013). Diez cualidades de la agricultura familiar. *Farming Matters*, 61-65.
- Zhang, M., Zeiss, M. R., & Geng, S. (2015). Agricultural pesticide use and food safety: California's model. *Journal of Integrative Agriculture*, 2340-2357.