



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

---

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA  
DESARROLLO RURAL

**EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE  
PRODUCCIÓN DE MONOCULTIVO Y POLICULTIVOS DE *Agave  
tequilana* WEBER var. Azul, EN EL MUNICIPIO DE TEQUILA,**

**LUSMILA HERRERA PÉREZ**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL GRADO DE

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2017

**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR  
Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN**

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe **Lusmila Herrera Pérez** alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Esteban Valtierra Pacheco** por lo que otorgó los derechos de autor de mi tesis **Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de producción de monocultivo y policultivos de *Agave tequilana* Weber var. Azul, en el municipio de Tequila, Jalisco** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero y/o Director de Tesis y la que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. Texcoco de Mora, Estado de México, julio de 2017

  
Lusmila Herrera Pérez  
Nombre y Firma

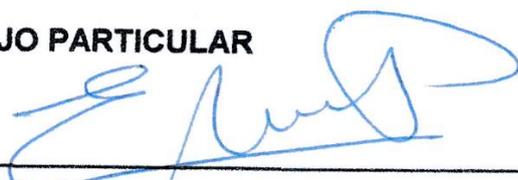
  
Vo. Bo. Profesor Consejero y/o Director de Tesis  
Dr. Esteban Valtierra Pacheco  
Nombre y Firma

La presente tesis, titulada: **Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de producción monocultivo y policultivos de Agave tequilana Weber var. Azul**, en el municipio de Tequila, Jalisco, realizada por la alumna: **Lusmila Herrera Pérez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS  
SOCIOECONOMÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA  
DESARROLLO RURAL

**CONSEJO PARTICULAR**

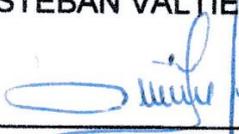
CONSEJERO



---

DR. ESTEBAN VALTIERRA PACHECO

ASESOR



---

DR. IGNACIO OCAMPO FLETES

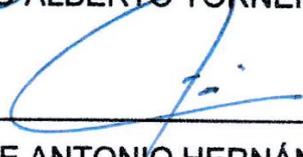
ASESOR



---

DR. MARIO ALBERTO TORNERO CAMPANTE

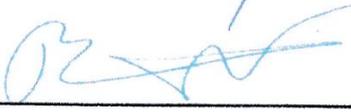
ASESOR



---

DR. JORGE ANTONIO HERNÁNDEZ PLASCENCIA

ASESOR



---

DR. RAMÓN RODRÍGUEZ MACÍAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México, julio de 2017

EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE  
PRODUCCIÓN DE MONOCULTIVO Y POLICULTIVOS DE *Agave tequilana*

Weber var. Azul, EN EL MUNICIPIO DE TEQUILA, JALISCO

Lusmila Herrera Pérez, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2017

**RESUMEN**

El *Agave tequilana* Weber var. Azul, es la principal materia prima en la producción del tequila, que es la bebida alcohólica más representativa de México. El objetivo de la presente investigación es evaluar el grado sustentabilidad del agroecosistema del agave bajo dos tipos de manejo: monocultivo y policultivo y las relaciones contractuales entre los agaveros y la industria tequilera. La investigación se basó principalmente en una encuesta a una muestra aleatoria estratificada de productores de agave del municipio de Tequila y se distribuyó de forma igual en: 25 agaveros que practican monocultivo y 25 policultivo. Los resultados indican: 1) los productores que producen agave en policultivo realizan más prácticas agroecológicas que los que producen agave bajo monocultivo. Se generó el Índice de Prácticas Agroecológicas en *Agave tequilana* (IPAAT). El policultivo resultó con un IPAAT mayor que el monocultivo, 72% y 60% respectivamente. 2) El arrendamiento es la forma más común de contratación entre la industria tequilera y a los agaveros los obliga a producir agave en monocultivo, las tequileras controlan todo el proceso productivo en las tierras arrendadas, restringe a los dueños el acceso a su tierra y los reduce a ser jornaleros en sus propias tierras. Los contratos de aparcería y la mediería aceptan la producción de agave en policultivo, permiten a los dueños el acceso a sus tierras y el control del proceso productivo es compartido entre dueños de la tierra y los aparceros y medieros. 3) La evaluación de la sustentabilidad comparando el monocultivo y el policultivo con base en 15 indicadores muestran que el manejo en policultivo presenta valores mayores en 13 de los 15 los indicadores de sustentabilidad que el monocultivo. El policultivo tiene un nivel de sustentabilidad de 76.94% en tanto que el monocultivo de 61.21%. Por lo tanto, la conclusión principal es que el sistema de manejo en policultivo es más sustentable que el monocultivo.

**Palabras clave:** agave, evaluación, monocultivo, policultivo, sustentabilidad.

EVALUATION OF THE SUSTAINABILITY OF THE MONOCULTURE AND  
POLY CULTURE PRODUCTION SYSTEMS OF *Agave tequilana* Weber var. Azul  
IN THE MUNICIPALITY OF TEQUILA, JALISCO

Lusmila Herrera Pérez, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2017

**ABSTRACT**

*Agave tequilana* Weber var. Azul is the main raw material in tequila production, which is the most representative alcoholic beverage from Mexico. The objective of this study is evaluate the sustainability degree of the Agave agroecosystem under two types of management: monocropping and polycropping and the contractual relationships between agave producers and tequila industry. This research was based mainly on a survey applied to an random stratified sample od agave producers in the municipality of Tequila, Jalisco, which was distributed equally in 25 agave producers under monocropping and 25 under polycropping. The main findings were: 1) Agave producers under polycropping do more agroecological practices than agave producer under monocropping agroecosystem. An Index of Agroecological Practices in *Agave tequilana* (IPAAT). Polycropping has higher IPAAT than monocropping, 72% and 60% respectively. 2) Renting is the main form of contracting between tequila industry and agave producers. Producers are forced to produce under monocropping. Tequila industry controls all the productive process in rented lands, restricts the access of owners to their land and transform owners into employees in their own land. Sharecropping and half-&-half sharecropping contracts accept the production under polycropping, allow the land owners' access to their land, and the control of productive process is shared between land owners and sharecroppers. 3) The sustainability evaluation comparing monocropping and polycropping based on 15 indicators show that polycropping has higher values in 13 out of 15 sustainability indicators than monocropping. The polycropping has a sustainability level of 76.95% while monocropping has 61.21%. Therefore, the main conclusion is that polycropping agroecosystem is more sustainable than monocropping.

**Key words:** agave, evaluation, monoculture, polycultures, sustainability.

## **DEDICATORIA**

---

A mis padres Salvador y Soledad. Mis mejores amigos.

Mi ejemplo de fortaleza, respeto, fe y amor incondicional.

Mis hermanos, mis amores: Renato Salvador, José de Jesús y Leonardo Daniel.

Adrián mi amor, porque no dejaste que mis miedos me vencieran, por apoyarme y alentarme cada día a continuar, pero sobre todo por respetar mis sueños.

---

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios.

A la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología CONACyT, por la oportunidad y apoyo de realizar el presente postgrado.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo y Campus Puebla, por su hospitalidad, disciplina, ética y profesionalismo.

Mi más sincero agradecimiento y reconocimiento a los integrantes del Consejo Particular, que contribuyeron de manera significativa en la elaboración de la tesis y en mi formación académica:

Dr. Esteban Valtierra Pacheco. Por su apoyo incondicional y creer en mí y enseñarme que la actitud es indispensable siempre.

Dr. Ignacio Ocampo Fletes. Por su valiosa contribución al trabajo de tesis y maravillosas asesorías.

Dr. Jorge Antonio Hernández Plascencia. Por su gran disposición y amabilidad en todo momento.

Dr. Mario Alberto Tornero Campante. Por sus consejos y aliento para terminar el presente documento.

Dr. Ramón Rodríguez Macías. Por su gran calidad humana y la confianza que tuvo hacia mi persona.

Un especial agradecimiento al Dr. José Pedro Juárez Sánchez, por las asesorías extraordinarias llenas de consejos constructivos, por su cordial atención y disposición en todo momento en estos años del posgrado.

A mis profesores del Colegio de Postgraduados, campus Montecillo y Puebla por los conocimientos compartidos en el transcurso del posgrado.

A los productores agaveros del municipio de Tequila, que hicieron posible la realización de esta investigación.

A las autoridades del H. Ayuntamiento de Tequila que colaboraron de manera muy atenta, mis grandes amigos M.C. Ángel González, Ing. Salvador Rivera, Ing. Ernesto Velázquez y Lic. Beatriz, gracias su apoyo absoluto.

A mis compañeros y grandes amigos Floriberto González, Mariana Badillo, Alejandro Mota, Emmanuel Remilien, Carlos Romano, Fernando López, Alfonso Rosado, Nancy Aguirre, Karla Ibarra y Nazdira Aburto. Por esos los grandes momentos que compartimos y por regalarme lo más valioso, su amistad.

A mis padres, hermanos, esposo y a mi tía Vicky.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN GENERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I. PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>4</b>
1.1 Planteamiento del problema de investigación .....	4
1.1.1 Antecedentes del problema de investigación.....	4
1.1.2 Definición del problema de investigación.....	11
1.2 Objetivos .....	13
1.2.1 Objetivo general.....	13
1.2.2 Objetivos específicos .....	13
1.3. Hipótesis .....	14
1.3.1 Hipótesis general .....	14
1.3.2 Hipótesis específicas .....	14
1.4 Justificación .....	15
<b>CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>17</b>
2.2 Estadísticas del comportamiento económico de la cadena agave-tequila ..	17
2.3 Denominación de origen del tequila (DOT) .....	19
2.4 Breves antecedentes históricos .....	23
2.5 Etnobotánica del género <i>Agave</i> .....	25
2.6 Descripción botánica.....	27
2.6.1 Características morfológicas.....	28
2.6.2 Diversidad genética .....	30
2.7 Requerimientos climáticos y edafológicos .....	31
2.7.1 Parámetros edafológicos en el análisis de suelo .....	32
2.8 Ecofisiología. Metabolismo Ácido de las crasuláceas (CAM).....	35
<b>CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>37</b>
3.1 Desarrollo.....	37
3.2 El Desarrollo Sustentable como marco conceptual.....	38
3.3 Sustentabilidad.....	40
3.4 El agroecosistema como unidad de análisis .....	41
3.5 Indicadores de sustentabilidad.....	45
3.6 La agroecología en el diseño de la agricultura sustentable .....	44
3.7 Prácticas agroecológicas en el manejo de los recursos naturales .....	45
3.8 Integración vertical y la industria tequilera .....	48
<b>CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>51</b>
4.1 Características de la zona de estudio .....	51
4.2 Método y técnicas de investigación.....	53
4.3 Investigación de campo .....	53
4.3.1 Fase de campo. Técnicas cuantitativas .....	54
Tamaño de la muestra .....	55
Criterios de selección de los entrevistados y predios.....	56
4.3.2 Análisis de suelo .....	57
4.3.3 Técnicas cualitativas. Entrevistas .....	61
4.4 Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales (MESMIS) .....	61
4.4.1 Delimitación de la unidad de análisis y objeto de estudio .....	62
4.4.2 Delimitación del agroecosistema .....	62

4.4.3 Indicadores de sustentabilidad .....	62
4.5 Técnicas para el análisis de la información.....	68
<b>CAPÍTULO V. RESULTADOS .....</b>	<b>69</b>
5.1 Descripción de los productores agaveros encuestados .....	69
5.2 Características de los predios .....	70
5.3 Tenencia de la tierra .....	70
5.4 Tipología de los suelos .....	71
5.4.1 Coloración.....	71
5.4.2 Pendiente.....	72
5.5 Estructura del agroecosistema agave .....	72
<b>CAPÍTULO VI. PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS EN <i>Agave tequilana</i> Weber, BAJO DOS SISTEMAS DE CULTIVO EN TEQUILA, JALISCO.....</b>	<b>74</b>
RESUMEN .....	74
ABSTRACT .....	75
INTRODUCCIÓN .....	75
MATERIALES Y MÉTODOS .....	78
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	80
CONCLUSIONES .....	92
LITERATURA CITADA.....	94
<b>CAPÍTULO VII. ESQUEMAS DE CONTRATOS AGRÍCOLAS PARA LA PRODUCCIÓN DE <i>Agave tequilana</i> Weber, EN LA REGIÓN DE TEQUILA, JALISCO.....</b>	<b>98</b>
RESUMEN .....	98
ABSTRACT .....	99
INTRODUCCIÓN .....	99
MATERIALES Y MÉTODOS .....	106
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	108
CONCLUSIONES .....	117
LITERATURA CITADA.....	118
<b>CAPÍTULO VIII. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE DOS TIPOS DE MANEJO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE <i>Agave tequilana</i> Weber var. Azul.....</b>	<b>122</b>
RESUMEN .....	122
ABSTRACT .....	123
INTRODUCCIÓN .....	123
MATERIALES Y MÉTODOS .....	125
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	130
CONCLUSIONES .....	139
LITERATURA CITADA.....	141
<b>DISCUSIÓN GENERAL.....</b>	<b>145</b>
<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>148</b>
<b>RECOMENDACIONES GENERALES.....</b>	<b>150</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>153</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>183</b>

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Indicadores empleados en la evaluación de la sustentabilidad .....	41
Cuadro 2. Selección de criterios de diagnóstico, indicadores, métodos de medición y áreas de dimensión para evaluar la sustentabilidad de agroecosistema agave .....	63
Cuadro 3. Porcentaje de materia orgánica en plantaciones agaveras .....	65
Cuadro 4. Valores del Índice de Adaptación y Alternativas (IAA).....	66
Cuadro 5. Prácticas agroecológicas realizadas y número de productores por manejo de sistema. ....	91
Cuadro 6. Prácticas agroecológicas realizadas por manejo de sistema (Valor IPAAT).....	92
Cuadro 7. Superficie de agave, consumo de agave, producción de tequila y precio de tequila. 2005-2015.....	100
Cuadro 8. Costos de arrendamiento de las tequileras .....	111
Cuadro 9. Costos de inversión y producción en los diferentes esquemas .....	112
Cuadro 10. Costo total de producción y utilidades en los diferentes esquemas	112
Cuadro 11. Principales tequileras que arriendan y costos .....	114
Cuadro 12. Principales ventajas y desventajas de los esquemas de contrato ...	116
Cuadro 13. Porcentaje de materia orgánica en plantaciones agaveras .....	127
Cuadro 14. Valores del Índice de Adaptación y Alternativas (IAA).....	128
Cuadro 15. Relación Beneficio/Costo del cultivo del Agave en las dos formas de manejo: monocultivo y policultivo .....	131
Cuadro 16. Resultados de indicadores (valores óptimos y ponderados) de dos sistemas de manejo de Agave: monocultivo y policultivo) .....	138

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Consumo de agave para tequila en los últimos 10 años .....	17
Figura 2. Exportación total de tequila del 2003 al 2013.....	18
Figura 3. Producción de agave en Tequila, Jalisco .....	19
Figura 4. Zona de denominación de origen del tequila (DOT).....	21
Figura 5. Ubicación espacial del municipio de Tequila en el contexto estatal y nacional .....	52
Figura 6. Distribución de la toma de muestras en la plantación .....	60
Figura 7. Cultivo intercalado de agave con maíz (izquierda) y con frijol (derecha) .....	83
Figura 8. Ubicación de los esquemas de contrato en Tequila .....	109
Figura 9. Comparación de indicadores sustentables en dos tipos de manejo del sistema de producción del <i>Agave tequilana</i> .....	139

## LISTA DE ANEXOS

A.1 Fotografías de toma de muestras de suelo .....	183
A. 2 Fotografías de cultivos intercalados y pastoreo.....	184
A.3 Cuestionario.....	185

## INTRODUCCIÓN GENERAL

El sistema dominante en las plantaciones de agave en el municipio de Tequila es el monocultivo (Valenzuela, 2003), este manejo es propio de las grandes destiladoras aduciendo razones de calidad del tequila, sin embargo, se han investigado e identificado graves consecuencias ambientales por el empleo de este sistema, tales como erosión y contaminación del suelo por uso excesivo de agroquímicos. Por otro lado en menor porcentaje productores realizan otro tipo de manejo como los cultivos intercalados o policultivos. Las prácticas agroecológicas como los policultivos, las rotaciones, los cultivos de cobertura, el mantenimiento de la vegetación de los márgenes, la fertilización orgánica y los laboreos superficiales se asocian con el incremento de la biodiversidad (Sans, 2007). Bajo este panorama los policultivos presentan mejores condiciones ecológicas, los agaveros tequilenses intercalan el agave con otros cultivos como maíz, frijol, calabaza, cacahuate, frutales, principalmente, además garbanzo y sorgo (Blomberg, 2000; Valenzuela, 2003; Gómez, 2011).

Por ello, la presente investigación se centró en la evaluación y comparación de los sistemas de monocultivo y policultivo del agave para dilucidar cuales pueden ser las causas ecológicas, económicas y sociales que les dan origen, pero sobre todo, cuáles pueden ser las mejores alternativas para la cadena productiva del tequila y en especial para los productores de la fase agrícola.

El objetivo fue evaluar la sustentabilidad de dos sistemas de manejo, monocultivo y policultivo del agroecosistema *Agave tequilana* Weber var. Azul, que realizan los pequeños productores de Tequila, Jalisco. Y la hipótesis planteada es: el sistema tradicional con policultivo presenta mayores índices de sustentabilidad, por la diversidad de especies presentes y prácticas que se realizan en referencia al sistema de monocultivo. La muestra fue aleatoria estratificada y la información se obtuvo de una encuesta aplicada a productores agaveros del municipio de Tequila y se distribuyó en: 25 agaveros que practican el monocultivo y 25 el policultivo.

La investigación presentada aborda los temas de evaluación de sustentabilidad del cultivo del agave, prácticas agroecológicas realizadas en las plantaciones y los esquemas de contrato que actualmente persisten en el municipio de Tequila. Los cuales se divide en siete capítulos.

En el primer capítulo designado como protocolo de investigación integra y describe de forma específica el planteamiento del problema, los objetivos, las hipótesis propuestas y la justificación de la investigación.

El contenido del segundo capítulo presenta un marco de referencia que ubica el contexto actual de la cadena agave-tequila, así como el lugar del área de estudio, aborda también aspectos botánicos, históricos, morfológicos, genéticos, climáticos y edafológicos del cultivo del *Agave*.

El marco teórico correspondiente al tercer capítulo incluye los enfoques y teorías en que se enmarcan dicho estudio y que permiten explicar y sustentar el análisis del problema de la investigación. El cuarto capítulo explica los métodos utilizados, así como el tamaño de la muestra y los indicadores de evaluación. En el quinto capítulo referente a resultados se caracterizó a los productores agaveros del municipio de Tequila.

En el sexto capítulo se identificaron, midieron y compararon las prácticas agroecológicas que realizan los productores de Tequila, Jalisco, bajo dos formas de manejo: Agroecosistema con Policultivo (AP) y Agroecosistema con Monocultivo (AM). En este apartado se describen las ocho prácticas del cultivo: 1) Intercalado de cultivos (policultivo), 2) Incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado, 3) Plantación de agave en curvas a nivel, 4) Obras de conservación de suelo y agua, 5) Rotación de cultivos, 6) Descanso de tierras, 7) Escalonado del cultivo del agave y 8) Disminución de la aplicación de agroquímicos para el control de arvenses. Basados en las prácticas se generó el Índice de Prácticas Agroecológicas en Agave tequilana (IPAAT). Los valores asignados en el IPAAT fueron: Nulo = 0 prácticas, Bajo = 1-2 prácticas, Medio = 3-4 prácticas, Alto = 5 prácticas, Muy Alto = 6-7 prácticas y Excelente = 8 prácticas.

Los resultados muestran que los productores realizan más prácticas agroecológicas en el AP que en el AM. Las prácticas de intercalado de cultivos y rotación de cultivos fueron las prácticas que tuvieron diferencias más significativas entre el AP y el AM. Las obras de conservación de suelo y agua y el descanso de tierras fueron las prácticas más recurrentes en ambos sistemas. El IPAAT tuvo valores promedio de moderado a muy bueno porque los productores realizan de tres a siete prácticas agroecológicas. Se concluye que el AP tiende a ser más sustentable que el AM porque tiene un IPAAT mayor.

En el séptimo capítulo se identificaron los diversos esquemas de contratos en la comercialización y producción en la cadena agave-tequila, los cuales son: Arrendamiento, Aparcería y Mediería. Los resultados refieren que el contrato por arrendamiento es el más frecuente que ha desplazado a los esquemas informales de aparcería y mediería, además ha fomentado el monocultivo. Los arrendadores realizan las labores del agave principalmente en monocultivo y los aparceros y medieros en policultivo. El factor común entre la aparcería y la mediería es que los propietarios tienen acceso a sus predios y la diferencia principal radica en la forma de apropiación de la cosecha de agave.

En el octavo capítulo se presenta la evaluación de la sustentabilidad de dos tipos de manejo del sistema de producción de *Agave tequilana* Weber var. Azul, en este capítulo se analiza la evaluación de agroecosistema agave, en dos sistemas de manejo: monocultivo y policultivo, para conocer el grado de sustentabilidad mediante 15 indicadores a través de la metodología Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS). Los resultados obtenidos indican que el manejo en policultivo presenta más indicadores con valores más altos de sustentabilidad, el monocultivo presentó un nivel de 61.21%, en tanto el cultivo tuvo 76.94%. Por lo que la conclusión es que el sistema de manejo en policultivo es más sustentable que el monocultivo.

En otro apartado final se presentan la discusión general, las conclusiones y recomendaciones de la tesis. Finalmente se relaciona la bibliografía citada y los anexos.

# CAPÍTULO I.

## PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema de investigación

#### 1.1.1 Antecedentes del problema de investigación

##### 1.1.1.1 El desarrollo sustentable y la agricultura

El concepto de desarrollo sustentable se popularizó en los años 1980s con la publicación la obra *Our Common Future* (Brundtland *et al.*, 1987), originalmente conocido como el Informe Brundtland, que fue resultado de un amplio trabajo Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas liderado por la ex-primera ministra de Noruega Gro Harlem Brundtland.

El origen de la Comisión fue la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano que tuvo lugar en Estocolmo, Suecia en 1972 que fue el primer foro mundial donde se expresaron las preocupaciones sobre el deterioro de los recursos naturales y la contaminación ambiental que se había exacerbado en las últimas décadas. Sin embargo, fue hasta 1983 que la Asamblea General de las Naciones Unidas decide crear la Comisión. En *Our Common Future*, Brundtland *et al.* (1987) expresaron la definición más conocida de desarrollo sustentable que “es el desarrollo que cubre las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para cubrir sus propias necesidades” (p. 54). En esta obra se señala entre otras cosas que el desarrollo sustentable necesita transformaciones estructurales que lleven a la sociedad a una distribución más equitativa de la riqueza y que el desarrollo sustentable necesita la conservación de los recursos naturales como la base de la producción necesaria para las necesidades de todos.

Posteriormente, en 1992 se celebró en Río de Janeiro la *Earth Summit* o Cumbre de la Tierra estableció la Agenda 21 (ONU, 1992) en donde se ampliaban y precisaban muchas de las acciones necesarias para conservar los recursos

naturales y el medio ambiente de la tierra. En su capítulo 14, la Agenda 21 pone las bases para el desarrollo de la agricultura y el desarrollo rural:

*14.3. Es preciso dar prioridad al mantenimiento y mejoramiento de la capacidad de las tierras agrícolas con mayores posibilidades para responder a la expansión demográfica. Sin embargo, también es necesario conservar y rehabilitar los recursos naturales de tierras con menores posibilidades con el fin de mantener una relación hombre/tierra sostenible. Los principales instrumentos de la agricultura y el desarrollo rural sostenibles son (...) la diversificación de los ingresos, la conservación de la tierra y una mejor gestión de los insumos. (ONU, 1992)*

*14.25. Es preciso intensificar la producción agrícola para atender a la futura demanda de productos básicos y para evitar su extensión a tierras marginales y la invasión de ecosistemas frágiles. El creciente uso de insumos externos y el desarrollo de sistemas especializados de producción y de cultivo tiende a aumentar la vulnerabilidad debido a las tensiones ambientales y las fluctuaciones de los mercados. Por consiguiente, es necesario intensificar la producción agrícola mediante la diversificación de los sistemas de producción para lograr la máxima eficiencia en el empleo de los recursos locales y reducir al mismo tiempo a un mínimo los riesgos ambientales y económicos. (ONU, 1992)*

#### **1.1.1.2 Visiones contrastantes de la agricultura tradicional y agricultura convencional**

Desde antes del movimiento mundial por el desarrollo sustentable ya se había abierto la discusión sobre los diferentes enfoques sobre la agricultura para producir los alimentos y las materias primas necesarias para toda la población.

En su obra *La modernización de la agricultura mexicana: 1940-1970*, Hewitt (1978) hace una crítica demoledora de las consecuencias de la implementación de la denominada *Revolución Verde* impulsada desde los principales países

desarrollados a través de las agencias internacionales y organismos multilaterales como el Banco Mundial, la Fundación Rockefeller y otros. La Revolución Verde se centró en el incremento de la producción de alimentos con la aplicación de tecnología moderna como la mecanización, uso de semillas híbridas, aplicación de pesticidas químicos para el control de plagas y enfermedades, uso del riego, aplicación de fertilizantes químicos y los sistemas agrícolas de monocultivo.

En la Revolución Verde se dejó de lado el conocimiento tradicional de los campesinos que habían acumulado por muchos siglos de práctica de los sistemas agrícolas. De acuerdo a Link (1992), el modelo técnico que impulsaba la Revolución Verde prosperó en contextos donde abunda la tierra y escasean los hombres para trabajar la tierra. La sustitución de trabajo por tierras y capitales redundó en una notable propensión a especializar las unidades de producción y a uniformar prácticas productivas y materiales biológicos.

Por el contrario, desde hace varias la agricultura campesina ha sido defendida por muchos autores renombrados, desde hace varias décadas, (Esteve, 1978; Bartra, 2009; Warman, 1972; Shanin, 1976; Hernández X, 1977), que han resaltado sus características ecológicas positivas relacionadas con la conservación de recursos naturales y el medio ambiente. La agricultura campesina se caracteriza por producir en pequeña escalas bajo limitaciones importantes de la dotación de tierra, agua, recursos económicos para comprar insumos en el mercado, uso de los recursos disponibles en la tierra y obtenidos de forma natural. La práctica de este tipo de agricultura requiere el uso intensivo de mano de obra y pocos recursos tecnológicos y sus procesos están integrados y se desarrollan de manera relativamente armónica con la naturaleza.

La combinación de estos factores de producción limitados se ven contrastados con la gran diversidad de cultivos en lo que se denomina la milpa. La milpa es un agroecosistema que tiene como cultivo principal al maíz con el que se asocian cultivos como el frijol, haba, calabaza, jamaica y otros muchos más, y que además aprovecha las arvenses que crecen de forma natural entre el cultivo como: verdolagas y quelites (Barta, 2009).

La agricultura campesina requiere de sistemas de comercialización adaptados a las exigencias de su organización económica: producción en pequeña escala, relativamente diversificada y que responde difícilmente a estándares estrictos de calidad (Linck, 1992) por lo que no puede competir en el mercado con la agricultura empresarial, reduciéndose a producir principalmente para la subsistencia de la familia.

De acuerdo a Barta (2009) estamos ante la presencia de la debacle del mundo campesino que inició con inducción de una tecnología que erosiona la racionalidad de conservar la fertilidad natural de la tierra con fertilizantes, que llevan a la tierra a ser solo un sustrato estéril que depende de la fertilización continua sin la cual no se obtendría nada en los sistemas degradados por el monocultivo. Que se ha sustituido el equilibrio biológico de basado en la diversidad por un frágil monocultivo que es atacado por plagas que solo pueden combatirse con potentes pesticidas. Que exige la aplicación de herbicidas que acaban con las malezas al mismo tiempo de todas las formas de vida en el suelo. Este es el modelo civilizatorio de la Revolución Verde y otros movimientos modernizadores de la agricultura.

### **1.1.1.3 Los sistemas de monocultivo y policultivo**

Altieri (2009) señala que la expansión y dominio creciente de la “agricultura industrial” a nivel mundial concentrando en pocas manos la producción masiva de alimentos producidos con base en el monocultivo.

De acuerdo al mismo autor, las principales características de los monocultivos son: la alta vulnerabilidad al cambio climático por ser genéticamente homogéneos lo que hace que sean muy susceptibles al ataque de plagas; la reducción de la diversidad interfiere con el control biológico natural o artificial; requiere crecientes cantidades aplicación de pesticidas; carecen de resiliencia frente a eventos climáticos como sequías y huracanes. Además de solo producir cuando se le aplican fertilizantes químicos.

Por el contrario, los sistemas de policultivo, principalmente de origen campesino, se caracteriza por: la diversificación productiva, el uso de tecnologías ecológicas, mayores rendimientos, reducción del daño por plagas y maleza y mejorar la eficiencia del uso de agua, energía, luz y nutrientes porque las diferentes especies de plantas se ubican en diferentes alturas, doseles y necesidades (Armbrecht, 2009). Por ejemplo, cuando el policultivo incluye cultivos perennes y anuales tienen ventaja ante nutrientes limitados, debido a que los minerales perdidos por el cultivo anual son absorbidos por los perennes (Altieri, 1999), como es el caso del cultivo de agave intercalado con maíz. Los policultivos que se presentan como sistemas de producción más beneficiosos en términos de eficiencia edáfica, por lo cual ha crecido su adopción (Yahuza, 2011).

#### **1.1.1.4 La producción de tequila y las crisis cíclicas en la cadena productiva de Agave-Tequila**

El tequila es uno de los productos típicos con que más se reconoce a México en la mayor parte del mundo. La industria tequilera desde sus inicios se estableció en las haciendas o propiedades de las personas más importantes económicamente y con mayor poder de la región. Alrededor de sus residencias donde también se encontraba su incipiente industria, establecieron las plantaciones de agave, actualmente es cultivado por pequeños productores en condiciones diferentes y de forma tradicional.

El estado de Jalisco es el principal productor de *Agave tequilana*, en el 2015 representó el 62.04% de la superficie sembrada a nivel nacional (SIAP, 2015). El municipio de Tequila ocupa el tercer lugar con superficie sembrada después de Arandas, Tepatitlán de Morelos y Jesús María de la región Altos del estado, con un total de 4,720 hectáreas de agave sembrado. Sin embargo la misma fuente refiere que en los últimos diez años la producción ha disminuido, ya que en el 2003, el cultivo alcanzó 7,685 hectáreas.

Esta situación se explica por las crisis cíclicas de la cadena productiva agave-tequila de sobreproducción y escasez de materia prima. Esto se debe al incremento sin control de plantaciones provocando cambios de uso de suelo,

consecuencia del declive del precio del agave para la producción del tequila, al crear expectativas altas entre los productores que invirtieron en su producción y comercialización (González, 2011). Esto desmotivó a los productores agaveros teniendo efectos en la reducción de la superficie sembrada y abandono de los terrenos provocando el aumento de malezas, plagas y enfermedades. Al respecto Martínez (2008) menciona que la globalización demanda mayor producción generando crecimiento sin control de cultivos y por ende impacto ecológico. Y el cultivo del agave no está exento de este proceso económico.

La sustentabilidad del agroecosistema de *Agave* azul está en riesgo, los impactos (ambientales, económicos y sociales) generarán desequilibrio a largo plazo (Moreno 2010). Una de las causas es la inestabilidad del precio del agave, este es un punto crítico de la sustentabilidad, afecta la productividad e influye en el manejo del cultivo de productores tanto minifundistas o pequeños productores, como ejidatarios (Valenzuela, 2007a), además ocasiona disminución de plantaciones y reconversión de cultivos (Macías y Valenzuela, 2009).

#### **1.1.1.5 El policultivo como resistencia a las crisis recurrentes del mercado del agave**

Una estrategia de sobrevivencia de los pequeños productores agaveros ante el riesgo de pérdida de los cultivos fue la implementación de cultivos intercalados en las plantaciones para generar ingresos extras o bien, como es la mayoría de los casos, para tener alimentos para el consumo familiar, ya que los ingresos que obtienen no son suficientes para satisfacer sus necesidades alimenticias. Suso *et al.* (2013) señala que el desarrollo de estrategias que vinculen la diversidad biológica y los servicios productivos y de regulación de los cultivos es de suma importancia en la agricultura ecológica.

Al respecto, Llamas (2000) supone que el sistema de intercalado se debe a lo prolongado del ciclo de la plantación y a que el productor no cuenta con los recursos económicos para darle valor agregado, por ello se dedican al cultivo de granos básicos que los utilizan para el autoconsumo. Sin embargo, Plascencia (1985) considera que es una mala práctica intercalar cultivos como el maíz por la

sombra excesiva que da a las plantas y por la competencia de nutrientes. Además afecta la producción de tequila debido a la mayor retención de azúcares de las piñas (ASERCA, 2000), ya que el precio se castiga cuando el contenido de azúcares reductores totales (ART) es muy bajo, es decir, menor al 25 a 30 % en peso (Bautista *et al.*, 2001).

Por lo tanto las grandes tequileras recomiendan el monocultivo debido a que no tiene competencia de otros cultivos, facilita las labores culturales y permite mayor solarización y ventilación. Las destiladoras fomentan el uso de los monocultivos y ejercen un control sobre la producción, las relaciones de poder indica (González de Molina, 2013) influyen de manera decisiva y generan cambios en la dinámica de los agroecosistemas.

El monocultivo es el sistema dominante de producción de la región de Tequila con densidades de entre 2,500 a 3,000 plantas por hectárea (Valenzuela, 2003; Massieu, 2000) y el promedio en el municipio de Tequila es de 3,132 agaves por hectárea, siendo inferior a la región Altos la cual es de 4,000 a 5,000 plantas/hectárea, por lo general no se combina el monocultivo con el pastoreo (Plascencia, 1985).

El problema más grave detectado bajo el sistema de monocultivo es la erosión del suelo. Guevara *et al.* (2009) refiere una pérdida del suelo de 13.089 t ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> en lotes de escurrimiento. Es este sentido la agricultura puesta al servicio del valor de cambio aumenta los rendimientos económicos, no obstante disminuye la fertilidad natural del suelo (Tagliavini y Sabbatella, 2011). Por esta razón, el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del estado de Guanajuato (2008) recomienda los policultivos de agave con alfalfa, centeno, frijol, haba, lenteja, garbanzo y cacahuete y maíz de porte bajo, sean sembrados en pocos surcos para que un estrato vegetativo no interfiera con el otro. La fertilización y las medidas sanitarias realizadas para el maíz, el cacahuete o el frijol son útiles al agave.

Ceja *et al.* (2011) consideran que el sistema de producción del agave se puede analizar bajo dos tipos: el tradicional, realizado en laderas pedregosas con suelos delgados y pendientes de moderadas a fuertes donde el agavero emplea las

tierras disponibles y no toma en cuenta aspectos técnicos, y el cultivo tecnificado que se desarrolla en tierras planas con suelos profundos y libres de piedra. Tal es el caso de los predios que son alquilados por las destiladoras grandes, donde es nula la intervención del agavero. Estos esquemas de producción ponen en riesgo la sustentabilidad del agroecosistema del *Agave Tequilana*. Mientras que en las plantaciones de pequeños productores se realizan mayores prácticas compatibles con el medio ambiente y de menor impacto negativo. Al respecto Toledo (2002) concluye que la pequeña producción agrícola y pecuaria es más productiva tanto en términos económicos como ecológicos que las medianas y grandes.

### **1.1.2 Definición del problema de investigación**

El panorama descrito con antelación muestra situaciones contradictorias y posiciones encontradas respecto a las razones por las cuales se justifica el monocultivo del agave azul, o las razones por las cuales se realiza el policultivo en el agroecosistema agave. La situación actual de los productores agrícolas de agave es preocupante y se cuestiona la viabilidad y la sustentabilidad del cultivo de agave en el municipio de Tequila, Jalisco. Por lo tanto el cultivo debe ser analizados de forma holística para determinar la sustentabilidad del mismo desde un enfoque agroecológico, para valorar el conocimiento, técnicas y saberes locales de las prácticas agrícolas que son benéficas con su entorno de desarrollo y con bajo costo de la mano de obra (Altieri, 1999; Martínez, 2004 y Sevilla y Soler, 2010).

El sistema dominante en las plantaciones de agave es el monocultivo y es el preferido por las destiladoras grandes aduciendo razones de calidad del tequila, sin embargo, se han identificado graves consecuencias ambientales como la erosión y la contaminación del suelo por uso excesivo de agroquímicos (Valenzuela, 2003). Los policultivos tienden a la gestión sustentable del agroecosistema *Agave*, Armbrecht (2007) señala que los policultivos con técnicas tradicionales producen de 20-60% más que los monocultivos, son más eficientes en el uso de agua, energía, además previenen el daño por plagas y malezas.

Los sistemas agrícolas de policultivos presentan beneficios agroecológicos respecto al monocultivo, sin embargo, es necesario identificar si su existencia en el cultivo del agave obedece a motivos económicos más que ecológicos. Y cuál de los sistemas de manejo tienden más a la sustentabilidad,

Por ello, la presente investigación se centra en la evaluación y comparación de los sistemas de monocultivo y policultivo del agave para dilucidar cuales pueden ser las causas ecológicas, económicas y sociales que les dan origen, sobre todo, cuáles pueden ser las mejores alternativas para la cadena productiva del tequila y en especial para los productores de la fase agrícola.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar la sustentabilidad de los sistemas de manejo de monocultivo y policultivo del agroecosistema *Agave tequilana* Weber var. Azul, que realizan los pequeños productores de Tequila, Jalisco.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- 1.** Comparar dos formas de manejo del agroecosistema para la producción de *Agave tequilana* Weber var. Azul en el municipio de Tequila, Jalisco con base en las prácticas agroecológicas realizadas por los productores en el Agroecosistema en Monocultivo y en el Agroecosistema en Policultivo.
- 2.** Identificar los tipos de contratación para la producción y comercialización de *Agave Tequilana* en la cadena productiva de agave-tequila y cómo influyen en la sustentabilidad del agroecosistema del agave.
- 3.** Evaluar el grado sustentabilidad del agroecosistema del *Agave tequilana* Weber var. Azul bajo dos tipos de manejo: monocultivo y policultivo con base a indicadores de sustentabilidad.

### **1.3. Hipótesis**

#### **1.3.1 Hipótesis general**

El sistema de manejo en policultivo de *Agave tequilana* Weber var. Azul es más sustentable que bajo el sistema con monocultivo, que realizan los pequeños productores de Tequila, Jalisco.

#### **1.3.2 Hipótesis específicas**

1. Los productores en el Agroecosistema en Policultivo realizan más prácticas agroecológicas que los productores en el Agroecosistema en Monocultivo.
2. El arrendamiento de tierras por parte de las tequileras ha fomentado el monocultivo del agave y limitado el policultivo. Además propicia el deterioro ecológico de las tierras.
3. El sistema tradicional con policultivo presenta mayores índices de sustentabilidad, por la diversidad de especies presentes y prácticas que se realizan en referencia al sistema de monocultivo.

## 1.4 Justificación

La producción de *Agave tequilana* var. Azul ha sido cuestionado debido a la realización de prácticas de manejo que son consideradas no sustentable, tales como la práctica de monocultivo y usos indiscriminados de herbicidas, aunado al ciclo de vida de la planta de aproximadamente 8 años provocado graves problemas de erosión en los suelos.

Investigaciones realizadas por Moreno *et al.* (2011) en la Sierra de Amula, Jalisco, reporta que existen en parcelas de agave Azul prácticas de manejo no sustentables (manejo químico de plagas y enfermedades, uso de herbicidas, no mantienen cubierta vegetal, no usan curvas a nivel y no favorecen la biodiversidad), sin embargo, las prácticas, técnicas y/o tecnologías de manejo sustentable son mejores a las que resultan no sustentables.

Por su parte Valenzuela (2007a) en una investigación realizada en el Valle de Amatitán encontró que los indicadores de sustentabilidad del agave son afectados principalmente por la disminución de la diversidad de cultivos incrementándose plagas y enfermedades, aumentado por el uso de pesticidas y un manejo de suelos ineficiente, con lo cual se reduce la sustentabilidad económica.

Valenzuela y Gaytán (2009) y González (2007) señalan que los agricultores reconvirtieron sus cultivos de maíz al agave Azul paulatinamente. Pimienta *et al.* (2007), refieren que en el estado de Jalisco, los ecosistemas agrícolas que por tradición se habían dedicado a la siembra de cultivos básicos y los predios designados para pastoreo extensivo, han sufrido la reconversión al cultivo de agave. Ocasionando actualmente un panorama en la región de Tequila complicado, el productor tradicional ha dejado de plantar agave, esto se ve reflejado en la conformación de grupos de maiceros de maíz blanco y amarillo y de sorgo, lo cual no era común en años anteriores.

Gerritsen *et al.* (2011) en estudios realizados en la región Costa Sur del estado de Jalisco encontraron efectos socioambientales negativos; crecimiento acelerado, concentración de propietarios privados y a través de contratos.

Mencionan que el cultivo del agave puede ser redituable pero que las tendencias cíclicas de sobreproducción y escasez han originado una falta de incentivos para establecer cultivos y un deterioro de la capacidad productiva.

Los diversos estudios muestran la fragilidad del agroecosistema agave como monocultivo respecto a la degradación del suelo, pérdida de la variabilidad genética, aumento de plagas y enfermedades, menor diversidad de especies, uso inadecuados de pesticidas, degradación edáfica, fluctuación del precio de la materia prima, desmotivación de los productores y reconversión de cultivos. Dichos estudios se han enfocado en el sistema de monocultivo, por lo que la presente investigación pretende evaluar la sustentabilidad del cultivo del agave bajo dos formas de manejo.

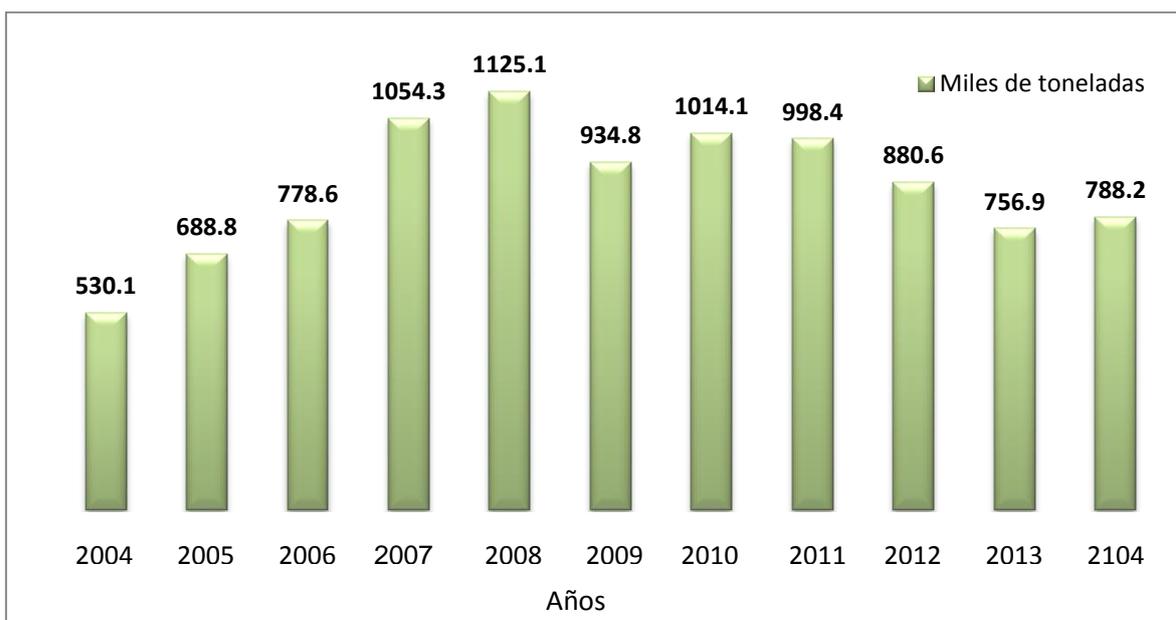
Indudablemente el cultivo del agave presenta diversos factores ambientales, sociales, económicos y culturales que deben ser analizados de forma holística para determinar la sustentabilidad del mismo. Por ello se analizó y evaluó el agroecosistema del *Agave tequilana* para conocer el grado de sustentabilidad a través de indicadores. Es necesario comparar las prácticas agroecológicas en los dos sistemas de manejo: monocultivo tecnificado y policultivo tradicional para poder identificar sus fortalezas y puntos críticos y proponer estrategias de mejora del agroecosistema, además de plantear una metodología dirigida a medir diferentes sistemas de manejo como monocultivo y policultivo del agave.

## CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA

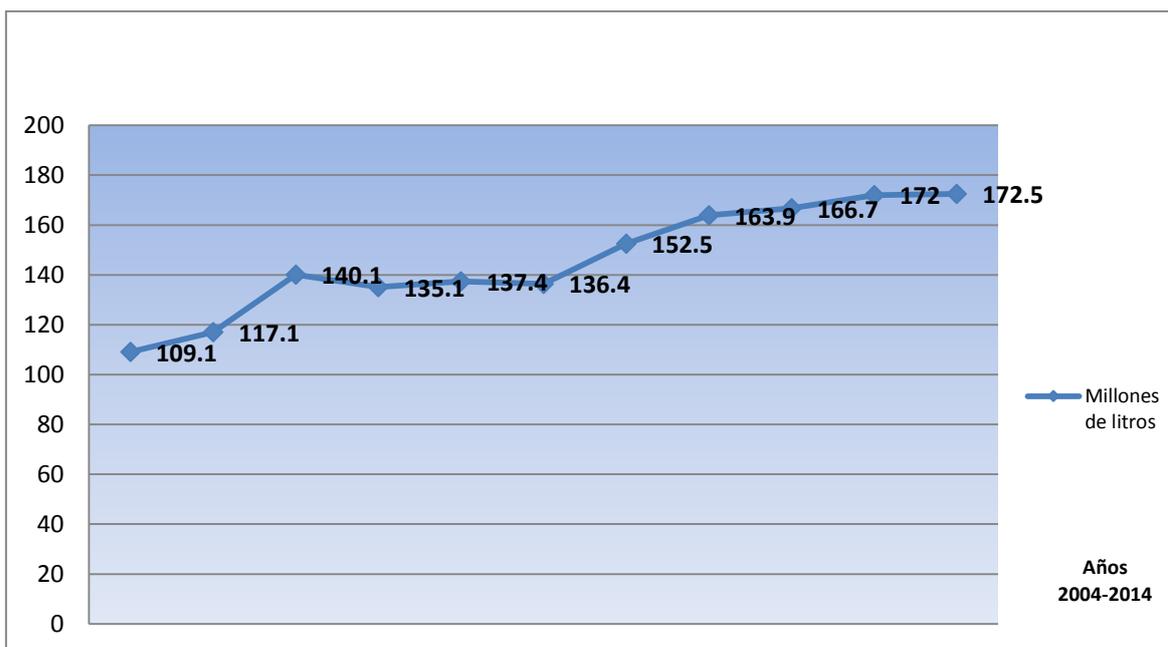
### 2.2 Estadísticas del comportamiento económico de la cadena agave-tequila

El *Agave tequilana* Weber variedad Azul es la única especie admitida para los efectos de la NOM-006-SCFI-2005. Es la principal materia prima para la elaboración del tequila.

Según el Consejo Regulador del Tequila (CRT) en 2009, existía un inventario de 28'082,442 plantas y la producción total de tequila en 2014 fue de 242.4 millones de litros y en 2013 de 226.5 253.2 millones de litros disminuyendo su producción. . En 2014, el consumo de *Agave* para la producción de Tequila y Tequila 100% fue de 788.2 miles de toneladas mientras que en 2013 fue de 756.9 miles de toneladas (Figura 1). Aunque la producción se contrajo esta no es un síntoma claro de que la cadena sea deficiente, el reflejo se observa en las exportación que ha ido creciendo (González, 2015), así pues las exportaciones llegaron a los 172 millones de litros lo que representó un aumento con respecto al año 2012, el cual fue de 166.7 millones de litros (Consejo Regulador del Tequila, 2013) (Figura 2).



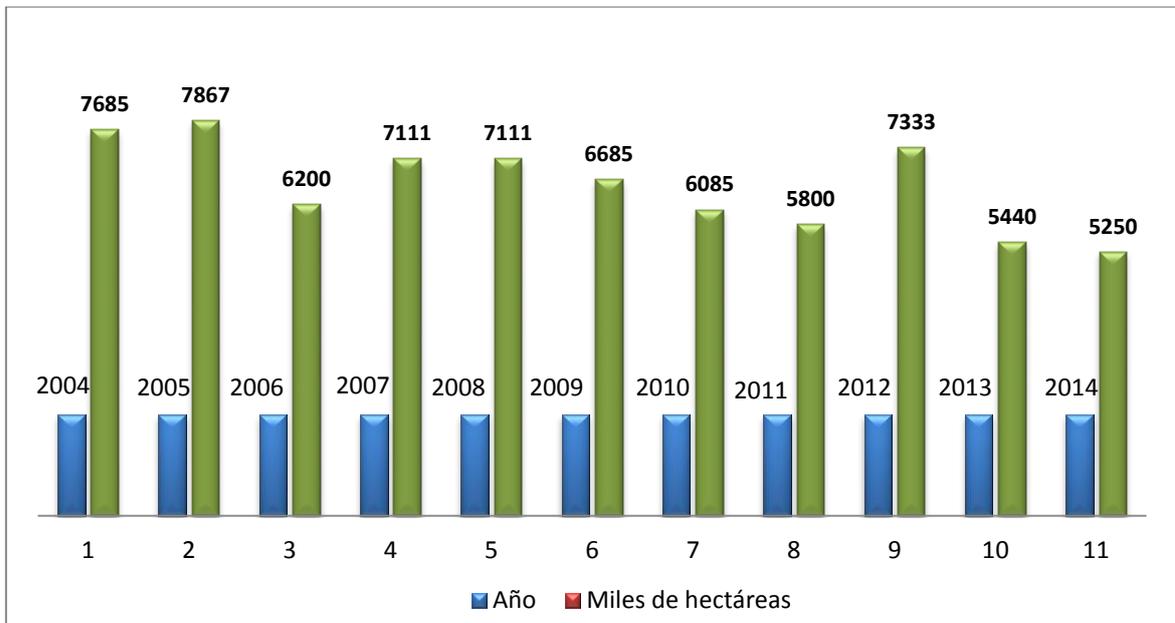
**Figura 1. Consumo de agave para tequila en los últimos 10 años** Fuente:  
Elaboración propia a partir de datos CRT



**Figura 2. Exportación total de tequila del 2003 al 2013**

Fuente: Elaboración propia a partir de datos CRT

En el estado de Jalisco la superficie productiva del agave ha ido en decremento, esto se ve reflejado en la cifras que reporta el SIAP, ya que en el periodo de 2008 a 2013 las plantaciones se redujeron en un 31.7% pasando de 121,146.25 a 82,775.95 hectáreas. Respecto al municipio de Tequila ocupa el cuarto lugar en superficie sembrada después de Arandas, Tepatitlán de Morelos y Jesús María de la región Altos del estado, con un total de 5,250 hectáreas de agave en 2014. Sin embargo, en los últimos diez años la producción ha decaído, ya que en el 2004 se tenían 7,685 hectáreas (SIAP, 2012) (Figura 3). Sin embargo Tequila fue el segundo municipio de producción total al cierre del mes de diciembre del 2013 con 40, 822 millones de litros (18%), después de Zapotlanejo (CNIT, 2013).



**Figura 3. Producción de agave en Tequila, Jalisco**

Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIAP

El sector agavero es importante en la economía, debido a que el tequila es el segundo producto mexicano de mayor exportación agroindustrial solo después de la cerveza, con una participación de 12.2% en el período de 1991 a 2006 (González y Macías, 2007). De acuerdo al CRT, en 2013 se exportaron a los Estados Unidos 132' 337,537.04 millones de litros de tequila, en menor medida se envió tequila a Alemania (5' 868, 213.40), España (5' 480, 780.31) y Francia (3' 516, 945.59), siendo los principales países de exportación.

### 2.3 Denominación de origen del tequila (DOT)

En México hay catorce productos que poseen denominación de origen, entre los que se encuentran la talavera de Puebla y las cajas de Olinalá, la vainilla de Papantla, el café Pluma y el ámbar de Chiapas, así como cinco bebidas destiladas: mezcal, tequila, bacanora, sotol y charanda. Los tres primeros son mezcales y se encuentran protegidos y registrados en la Organización Mundial de la Protección Intelectual bajo los números 669 del 13 de abril de 1978, tequila; 731 del 9 de marzo de 1995, mezcal y bacanora 841 (Carrillo, 2007).

La palabra mezcal proviene del náhuatl *mexcalli*, que significa maguey cocido, hasta hace no mucho el tequila era conocido como vino o mezcal, incluso en el municipio de Tequila es conocido como vino, sin embargo con la mercadotecnia está cambiando este nombre por el de tequila, pero actualmente se diferencian por las características particulares de su territorio, las especies de agave que se utilizan en su elaboración, las formas de producción y otros aspectos más que se encuentran consignados en las denominaciones de origen respectivas (Carrillo, 2007).

La denominación de origen tequila promulgada en 1977, tiene su origen en el municipio de Jalisco que lleva ese nombre, en donde se cultiva y produce *Agave tequilana* Weber var. Azul, pero fue modificada posteriormente para incluir otros municipios de Jalisco y otros estados, por lo que su área actual consta de 181 municipios, de los cuales 125 se encuentran en el estado de Jalisco, ocho en Nayarit, once en Tamaulipas, siete en Guanajuato y treinta en Michoacán (CRT, 2014) (Figura 4).

Dentro del estado de Jalisco se consideran tres zonas productoras de agave, las cuales están delimitadas de acuerdo a la superficie sembrada: la región altos, región centro-valles y región sur. Los municipios que lo integran son:

Región Altos: Acatic, Arandas, Atotonilco el Alto, Ayotlán, Jesús María, La Barca, Ocotlán, Tepatitlán de Morelos, Tepatitlán, Zapotlán del Rey y Zapotlanejo.



**Figura 4. Zona de denominación de origen del tequila (DOT)**

Fuente: Elaboración propia a partir de datos CRT

Región Centro-Valle: Amatlán, Antonio Escobedo, Arenal, Magdalena, Tala, Tequila y Zapopan.

Región Sur: Autlán de Navarro, Ejutla, Quitupan, Jocotepec, Zacoalco de Torres, Sayula, El Grullo, El Limón, Tonaya, Tuxcacuesco, Toliman y San Gabriel.

Las denominaciones de origen se encuentran reguladas por las normas oficiales mexicanas (NOM). Al tequila lo rige la NOM-006-SCFI-2005, bebidas alcohólicas-tequila-especificaciones. Establece las especificaciones técnicas y requisitos jurídicos a cumplir para proteger a la Denominación de Origen “Tequila” de

conformidad con la Declaración General de Protección a la Denominación de Origen “Tequila” vigente, la Ley de la Propiedad Industrial, la Ley Federal de Protección al Consumidor y demás disposiciones legales relacionadas, la cual se especifica:

La Norma Oficial Mexicana, publicada en el D.O.F. del 6 de enero de 2006 se refiere a la Denominación de Origen “Tequila”, cuya titularidad corresponde al Estado Mexicano en los términos de la Ley de la Propiedad Industrial. La emisión de esta NOM es necesaria, de conformidad con el punto 2 de la Declaración General de Protección a la Denominación de Origen “Tequila”, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de octubre de 1977 (en lo sucesivo referida como “la Declaración”) y con la fracción XV del artículo 40 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización:

1. Objetivo. Esta NOM establece las características y especificaciones que deben cumplir todos los integrantes de la cadena productiva, industrial y comercial del Tequila, conforme al proceso que más adelante se señala.

2. Campo de aplicación. Esta NOM se aplica a todos los procesos y actividades relacionados con el abasto de agave, la producción, envase, comercialización, información y prácticas comerciales vinculadas a la bebida alcohólica destilada denominada Tequila, conforme a las especificaciones de la presente NOM. Dicha bebida se encuentra sujeta al proceso que más adelante se detalla, con Agave de la especie *Agave tequilana* Weber var. Azul, cultivado en las entidades federativas y municipios señalados en la Declaración. Asimismo, la presente NOM establece las especificaciones técnicas y requisitos jurídicos a cumplir para proteger a la Denominación de Origen “Tequila” de conformidad con la Declaración General de Protección a la Denominación de Origen “Tequila” vigente, la Ley de la Propiedad Industrial, la Ley Federal de Protección al Consumidor y demás disposiciones legales relacionadas.

La operación de dichas leyes demandó la existencia de organismos de certificación acreditados que verifican y vigilan que el producto efectivamente mantenga los estándares de calidad requeridos. Así, en 1994 se creó el Consejo

Regulador del Tequila (CRT), institución que tiene como objetivo verificar y certificar el cumplimiento de las normas aplicables al tequila, productos que lo contengan y sus materias primas.

Sin embargo, Carrillo (2007) refiere que en el caso de la industria tequilera, algunas instituciones no siempre cumplen con sus objetivos, debido a intereses millonarios, lo cual hace difícil que un Consejo sea verdaderamente imparcial. En el caso del mezcal la certificación tiene un alto costo para los pequeños productores, ello implica la posibilidad de clandestinaje, hecho muy evidente en el municipio de Tequila, dicha actividad de cierto modo ilegal limita a los productores de obtener un ingreso mayor, al no poseer marca registrada ni certificación, por lo que su producto se clasifica como destilado y no tequila.

En el municipio de Tequila los productores agaveros relacionan al CRT con la destiladora “Cuervo” por lo que se crean expectativas negativas respecto a la regulación de la producción de agave y elaboración de tequila.

En 2003 el CRT implementó el programa de registro en donde todo el agave cuyo destino sea a la industria tequilera debe ser registrado el mismo año que se haya plantado, para el proceso de registro se requiere: IFE, comprobante de domicilio, certificado parcelario y/o contrato de arrendamiento. El propósito es permitir a la cadena agave-tequila ir ordenando la oferta y la demanda de la materia prima. Ello ha ocasionado molestias entre los productores agaveros.

#### **2.4 Breves antecedentes históricos**

Las regiones de mayor desarrollo en Mesoamérica en el cultivo del Agave fueron Huasteca, Otomí, Nahua, Azteca, Zapoteca, Mixteca, Tolteca, Maya, Tzotzil, Olmeca y Tarasca. Por tanto en Mesoamérica el hombre ha consumido agave durante al menos 9,000 años (Gentry, 1982). Estudios realizados por Richard S. MacNeish en cuevas ubicadas en Ocampo de la Sierra Madre de Tamaulipas demuestran que después de analizar 250 coprolitos (heces humanas momificadas), evidenciaron que el género *Agave* combinado con otras especies como *Setaria*, *Ceiba*, *Cactus*, *Cucurbita*, *Capsicum*, *Amaranthus*, *Phaseolus*,

huesos, carne y *Zea*, era parte de la dieta de los mexicanos prehispánicos. El agave fue encontrado a través de la escala de tiempo en 25 a 60% de los coprolitos (Callen, 1965).

La difusión del cultivo de agave de su núcleo original en las tierras altas de Mesoamérica ocurrió rápidamente después de la conquista. Durante la colonización, los españoles tomaron indígenas como intérpretes, obreros y campesinos-agricultores. Dichos agricultores tomaron maguey y establecieron la cultura del pulque que aún persiste. Otros agaves fueron llevados al extranjero para uso ornamental y como fibra (Gentry, 1982).

El *Agave* o maguey es una palabra que proviene de las Antillas. En nuestra región y en diferentes culturas se le reconoció con varios nombres: Metl en Náhuatl, “tocamba” en Purépecha y “guada” en Otomí (Muriá, 2008). El maguey es muy identificado con la cultura, el paisaje y el pueblo como en nuestro país. Por su parte el género *Agave* deriva de la palabra griega que se refiere a “noble” (*agauos*), reconociendo los múltiples y antiguos usos que se les atribuye (Nobel, 2011).

Las evidencias arqueológicas sobre los usos del *Agave* en México antiguo, fueron descritas pictográficamente en los códices, por artistas indígenas llamados *tlacuilos*, ya que no se contaba con una escritura de signos. Los primeros en estudiar estos códices fueron españoles (principalmente misioneros) haciendo una minuciosa descripción de las nuevas tierras que se iban colonizando (Saldívar y Vargas, 2007).

Respecto a la elaboración de la bebida “vino-mezcal” o tequila, Ruy y de Orellana (2007) refieren que pese a que no existen documentos sobre los primeros alambiques tequileros (usados en el proceso de destilación) se sabe que en 1538 el gobernador de la Nueva Galicia, estableció una ley para controlar la producción del vino mezcal, impuso los primeros impuestos. La primera plantación registrada fue la establecida por Pedro Sánchez de Tagle, Marqués de Altamira y Caballero de la Orden de Calatraba cerca del año 1600, quien desde su arribo estableció la primera fábrica de vino mezcal y estableció formalmente una destilería o taberna

en la hacienda de Cuisillos. En esa época la producción de esta bebida no era significativa, no alcanzaba niveles masivos, más bien la elaboración se reducía al consumo personal o del hogar, por lo que no existen indicios de su comercialización (Muriá, 1990). En 1542 los hacendados que producían el Vino Mezcal sólo para su consumo, vislumbran la oportunidad de comercializarlo, sobre todo, en los estados en los que han sido descubiertas las minas de Zacatecas, Guanajuato y Bolaños (Academia Mexicana del Tequila A.C., 2001).

En 1758 José Cuervo recibió los derechos del rey de España para desarrollar plantaciones de agave y producir destilados en Jalisco; un año después los derechos de la producción le fueron concedidos. Para mediados de los 1800's, sus plantaciones familiares sumaban más de 3 millones de plantas de agave. Cuervo también fue el primer industrial en envasar el tequila en botellas de vidrio.

En los albores de las plantaciones de agave y de la industria tequilera, este binomio generó buenos dividendos a los escasos terratenientes de la época, quienes poseían ambos bienes. Pero a partir del incremento en el número de industrias se facilitó el intercambio mercantil del agave entre los productores agrícolas y los industriales.

## **2.5 Etnobotánica del género *Agave***

El *Agave tequilana* Weber es un símbolo nacional por su participación en la vida cotidiana, desde hace casi cuatro siglos. En un inicio el tequila se obtuvo de las variedades de agave conocidas como Azul Rayado, Siggüín, Criollo, Pata de Mula, Moraleño, Chato, Mano Larga, Bermejo, Zahuayo y Zopilote. Después de la aportación de Weber, todo el producto es derivado de variedades de *Agave tequilana* Weber var. Azul.

Los usos del agave son tantos como las artes del hombre. Los primeros registros de actividad humana en la región agavera datan del año 1500 A.C. por las tribus cazadoras y recolectoras, estas desarrollaron una cultura de cultivo del agave para su aprovechamiento en diferentes usos pues les proporcionaban alimento, fibras, sogas, mantas, alpargatas y prendas de vestir, papel, bebida, abrigo y

productos misceláneos naturales, además de las barreras vivas cuando crecían alrededor de las casas después de haber sido plantados a corta distancia.

La pulpa servía para hacer papel, el quiote se usaba para ser quemado o para construir viviendas, las voluminosas hojas se revelaron ideales para techar las casas o como combustible, las espinas eran muy buenas como agujas, puntas de flecha, clavos, entre otras cosas; mientras que la piel, así como la savia que se desprende de ésta, fue utilizada desde entonces como medicina para el alivio de ciertas enfermedades cutáneas o para quemaduras. Actualmente es usado para tejas, vigas, hilaturas para tejidos, clavos, punzones, agujas, licor, vinagre, miel y azúcar (González, 2008).

En partes de la región indígena Wixárika de Jalisco y específicamente en el municipio de Mezquitic, se elaboran escobetas para limpiar diversos utensilios domésticos con las partes inferiores de las pencas, además parte de la estructura de los quiotes son empleados para la anidación de aves como periquitos australianos (Nieves y Luquín, 2007). Incluso en algunos poblados de esta región y sierra de Durango y Nayarit se comercializan utensilios como: mecapales, cinchos, sogas, y sombreros de fibra de *Agave* (Cházaro *et al.*, 2004).

El bagazo de *Agave tequilana*, residuo producto de la elaboración del tequila, de un litro de tequila procesado se desechan entre 4 a 6 kilos en peso seco de bagazo, lo que genera grandes cantidades en las regiones agaveras y tequileras, como medida para utilizar el subproducto industrial se propone como sustrato en el cultivo de hongos comestibles como sustrato el cual es equiparable a la turba comercial (Rodríguez *et al.*, 2010; Nevárez, 2012) e incluso como sustrato para la producción de plántula *Agave tequilana* (Crespo *et al.*, 2013).

Pero su uso más importante fue como dulce una vez cocido el agave. La preparación del agave como bebida tenía un carácter ritual; se dejaba fermentar para transformar sus azúcares en una bebida de baja graduación alcohólica. Esta práctica ancestral es el punto de origen del actual tequila. Una característica cultural es en la manera de sembrar el agave, como las herramientas utilizadas

(coa) usada por los jimadores que cosechan el mezcal, es una actividad que se mantiene hoy desde la época prehispánica (González, 2008).

Desde los inicios de su cultivo, los productores han preferido llevar a cabo la reproducción de agave a través de la extracción de rizomas (mecuates, hijuelos, naranjitas, etcétera), generados por las plantas adultas. De acuerdo a su desarrollo pueden ser trasplantados a un vivero, o a los predios o parcelas denominados potreros, donde se llevaba a cabo su manejo.

El *Agave* posee también propiedades medicinales, reseñas de Benavente y Fray Francisco Ximénez citados por Saldívar y Vargas (2007) y Luna (1991) refieren que se empleaba en heridas o llagas tomando las pencas previamente asadas, obteniendo posteriormente el zumo, también como medicina que contrarresta la mordedura de víbora mezclado con el sumo de ajenos cuando la mordedura es reciente. En las mujeres el zumo purifica los riñones y la vejiga, deshaciendo las piedras renales y limpiando las vías urinarias.

## **2.6 Descripción botánica**

El agave tequilero es una de las 273 especies descritas de la familia *Agavaceae*, la cual es endémica de América y se distribuye desde el sur de Canadá, México, Centroamérica, norte de Sudamérica e islas del Caribe. Se tiene la certeza de que el origen del agave es México, debido a que es donde se encuentra la mayor riqueza y diversidad de las agaváceas, ya que 205 especies se encuentran representadas en nuestro país (Gentry, 1982).

El *Agave tequilana* F.A.C. Weber variedad Azul, es la única especie admitida para los efectos de la NOM-006-SCFI-2005 que contiene las reglas de deben ser observadas rigurosamente por todos los que elaboran, envasan o comercializan la bebida (Profeco, 2009).

De acuerdo a la calificación taxonómica realizada por Nobel (1988); el agave tequilero pertenece al reino Plantae, división Antophyta, clase Angiospermas, subclase Monocotiledóneas, orden Liliales, familia *Agavaceae*, Subfamilia

*Agavoideae* y al género *Agave*, subgénero *Agave*, grupo *Rigidae*, especie *tequilana* Weber, var. Azul; por lo tanto su nombre botánico es *Agave tequilana* Weber variedad Azul.

La Familia *Agavaceae* está integrada por ocho géneros, entre los cuales se encuentra el género *Agave*. Dicho género es el más grande de la familia. De esta Familia en el continente americano se encuentran 273 especies descritas desde el norte de Dakota hasta Bolivia y Paraguay. México cuenta con 205 especies, de las cuales 151 son endémicas.

El subgénero *Agave* fue reconocido por Gentry en 1982 sobre la base de una panícula inflorescente donde las flores aparecían en racimo sobre ramas laterales. Autores anteriores utilizaron el nombre *Euagave*. Se organizó este subgénero en 20 grupos, integrando 82 especies y un total de 126 taxa, incluyendo subespecies, variedades y formas. El agave Azul el cual debe su nombre en honor a la región donde comenzó a producirse y al naturalista alemán Franz Weber, quien llegó a México hacia 1896 dedicó casi siete años de estudio y seleccionó entre los agaves el más adecuado para la producción del tequila. En 1902 el agave del cual se obtuvo mejores resultados fue el *Agave tequilana* Weber var. Azul. Y le dio su nombre (Ruy y de Orellana, 2007). Los nombres comunes que se le dan a esta planta son agave Azul, mezcal Azul o chino Azul.

### **2.6.1 Características morfológicas**

El *Agave tequilana* Weber var. Azul, es una planta perenne xerófita suculenta, la cual goza de ciertas características que la distinguen de los otros agaves como su cuerpo carnoso en forma de roseta, fibroso de color azul intenso o verde grisáceo originado por un alto contenido de ceras.

Hojas. Son rígidas, lanceoladas, acuminadas, cóncavas, firmes, rígidas, ascendentes a horizontales, más anchas en medio, delgadas y engrosadas hacia la base, azul turquesa, glaucas, algunas veces con franjas: margen recto a ondulado o repando; dientes 3-6 mm de longitud, regularmente espaciados, con bases piramidales y tiene en el margen espinas acomodada o ápices agudos y

flexionados, de color marrón claro a oscuro, café oscuro o negro de forma irregular, de 1-2 cm de separado, raramente distantes y largos; espina terminal corta de 1-2 cm de largo, raramente larga, aplanada o con muescas en el haz, base radial, verde oscuro, decurrente o no decurrente. El tamaño de sus hojas oscila entre los 90-120 x 8-12 cm, son de fibra firmes, casi siempre rígidas estiradas, cóncavas a horizontes (Valenzuela, 2003; Vázquez *et al.*, 2007).

El tallo y las bases de las hojas que lo conforman, comprenden la sección conocida con el nombre de cabeza, piña o bolas; es grueso, corto, alcanza un altura ente 50 a 80 cm al madurar, presenta un alto contenido de fructanos y almacenan inulina. Rosetas con hijuelos, radialmente extensa, 1.2-1.8 m de alto.

Flores. Son de color blanco amarillento, en forma de panícula piramidal, que aparecen en la extremidad del qurote de 68-72 mm de longitud en pequeños pedicelos bracteolados de 3-8 mm de longitud. Ovario 32-34 mm de longitud, cilíndrico, 6-crestado, con un corto cuello sin constricciones, levemente apuntado en la base. Tubo de 10 mm de profundidad, 12 mm de ancho en forma de embudo, con muescas. Tépalos subyúgales, 25-28 mm de largo, 4 mm de ancho, lineares, erectos pero rápidamente marchitos durante la apertura de las flores, volviéndose marrones y secos; filamentos de 45-50 mm de longitud inclinados de la base del tubo; anteras de 25-26 mm de longitud. Cápsula ovada, cortamente cuspiada; semillas semiorbiculares; hilio sub-ventral. El fruto es una cápsula triangular con numerosas semillas. Su reproducción se da en dos formas asexual es por rizomas a partir del cuarto año del ciclo, la planta madre produce hijuelos cada año (Gentry, 1982).

La planta puede llegar a medir 1.2 a 1.8 m de altura y 1.5 de diámetro que llega a pesar entre 27 a 44 kg.

De forma sexual por semilla sucede en su madurez (periodo que oscila entre los 7 a 12 años), emite un largo meristemo apical en forma de espiga, que al florecer y producir semillas, la planta muere. Cuando el agave madura se eleva el escapo floral llamado qurote indicando que culmina el ciclo de vida de la planta (Aviña, 2008).

### 2.6.2 Diversidad genética

En los agaves, al igual que en la familia *Agavaceae*, el número cromosómico básico ( $x$ ) y el haploide ( $n$ ) suman 30 ( $2n = 60$ ), por lo que se consideran organismos paleopoliploides, esto es, que a partir de estos números cromosómicos se pueden desarrollar poliploides secundarios o neopoliploides, es decir, especies con números gaméticos que son múltiplos del número básico actual ( $x = 30$ ). Los agaves tienen cariotipos bimodales altamente asimétricos (cinco cromosomas largos y veinticinco cortos), característica que podría estar asociada con una gran especialización morfológica y ecológica. Los poliploides en *Agave* pueden formarse por medio de gametos no reducidos que originan nuevos fenotipos con una mayor capacidad de adaptación y respuesta a ambientes extremos, lo que puede contribuir al éxito de los poliploides en la naturaleza o en su selección y uso en la agricultura. En las especies que se reproducen vegetativamente no se da la recombinación genética y se creía que los descendientes eran genéticamente homogéneos, pero se ha demostrado cierta variabilidad genética transmitida vía la reproducción asexual (García, 2007).

Estudios de análisis de relaciones genéticas realizados por Hernández *et al.* (2007) indican que existe una similitud genética entre *Agave angustifolia* y *Agave tequilana*, por lo que es posible una estrecha relación taxonómica y evolutiva entre ambas especies.

Por otra parte, se desconoce gran parte de los clones seleccionados que fueron colectados por los antiguos mesoamericanos y que han sido cultivados por miles de años. Además, es difícil seguir su huella, pues la dispersión del cultivo del agave de su núcleo original, dado por la actividad y presencia de los primeros pobladores, se incrementó y ocurrió rápidamente después de la conquista. Debido a que los españoles utilizaban a los nativos en diferentes actividades y los llevaban de un lado a otro, los indígenas llevaban con ellos sus agaves permitiendo su dispersión más allá de sus límites naturales.

En Mesoamérica las grandes evoluciones de las variedades y formas de las especies de agave fueron seleccionadas por el hombre, movidas de lugar a lugar

con él, e inadvertidamente cruzadas. Como el hombre vivía con estas eventualidades varietales siglo tras siglo, fue provisto con nuevas combinaciones genéticas que pudo analizar empíricamente enfocando sus ventajas a la producción y calidad de fibra, alimento, bebida, y otros productos especiales. A medida que se especializó con la civilización, especializó también al agave, seleccionando características acorde a sus necesidades. Aunque no conocía de genética, fomentó en gran medida una explosiva evolución en la diversificación del agave.

## **2.7 Requerimientos climáticos y edafológicos**

Sus necesidades de agua son moderadas una vez que está establecida en el campo y requiere de exposición plena al sol. Se desarrolla en sitios que no se encuentren expuestos a cambios bruscos de temperatura, con una media cercana a los 20°C. Las lluvias deben ser de aproximadamente un metro anual, con nublados entre 65 a 100 días por año (Valenzuela, 2003), la falta de agua provoca que la planta tarde más tiempo en madurar y, por el contrario, el exceso reduce el contenido de azúcares. Se adapta a un amplio rango longitudinal, parece favorecerle el intervalo que va de 1000 a 2200 msnm, en altitudes inferiores a 1000 m, el desarrollo inicial del cultivo es rápido siendo productivos para la planta pero no para la producción de la piña, aunque alcanza volúmenes considerables no contienen la concentración de azúcar requerido en las tequileras (Ruiz, 2007). La altitud media debe ser cercana a 1,500 msnm, y debe haber un cielo nublado entre 65 y 100 días al año. Ruiz *et al.* (2013) sugieren que el cultivo del agave debería establecerse entre 1600 y 2200 msnm. Las heladas fuertes pueden ser muy perjudiciales para el desarrollo de las plantas jóvenes, incluso puede llegar a matar plantas adultas de 5 o 6 años.

La altitud sobre el nivel del mar es uno de los factores más importantes que influyen en la distribución de las especies de agave (León *et al.*, 2013). *Agave tequilana* es una especie idónea para climas subtropicales, con régimen térmico de templado a semicálido. Las áreas óptimas para el establecimiento del cultivo están en el norte, noreste y la parte central de Jalisco (Ruiz *et al.*, 2002).

Los mejores terrenos para el cultivo del mezcal reportaba Pérez (1887) son: los resecos y aquellos entre sus componentes predomina la arcilla y la siliza; los demasiados calizos o arenosos no son convenientes, porque en estos no se desarrollará óptimamente, ni produce la cantidad de materia azucarada necesaria para su explotación. Los agaves cosechados en suelos arenosos presentan bajos contenidos de azúcares, lo cual demerita su calidad.

Los agaves prefieren suelos de textura media; suelos francos, franco-arenosos o franco-arcillosos. En zonas con baja precipitación, los agaves prefieren suelos con mayor retención de humedad, es decir suelos de textura pesada, como arcillosos o limo-arcillosos, aunque se desarrollarse adecuadamente en suelos delgados o profundos (Ruiz, 2007; Ceja *et al.*, 2011; CESAVEG, 2011). Por su parte Granados (1993) y Valenzuela (1993); refieren que los suelos para el cultivo del agave tequilero se pueden agrupar en luvisoles, vertisoles y litosoles, las características sobresalientes de los suelos son, su color de ocre o rojizo. El agave tequilero no debe plantarse en suelos arenosos, arcillosos (barrosos), grises, negros, salinos, muy delgados, con mantos freáticos poco profundos; con tepetates superficiales.

Los suelos muy arcillosos de color gris tienden a compactarse cuando están secos o se encharcan cuando están húmedos, creando condiciones de poca aireación para el cultivo. Los mejores suelos son los arcillosos, permeables, rico en elementos derivados del basalto y fierro, cuya oxidación le da su característico color marrón o rojo (Muriá, 2002:6). También es importante que los suelos tengan poco calcio, pues su presencia retarda la producción de azúcar. Los suelos de la región de Tequila son de origen volcánico idóneos para las plantaciones del agave.

### **2.7.1 Parámetros edafológicos en el análisis de suelo**

Desde el punto de vista agronómico, uno de los principales motivos para realizar el análisis de suelo es determinar el contenido de nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas. Los parámetros aconsejados para planificar una adecuada fertilización son: textura, pH, conductividad, materia orgánica, nitrógeno

total, relación C/N, carbonatos totales, caliza activa, fósforo asimilable, hierro extraíble, IPC, CIC. Otras determinaciones: microelementos (Fe, Cu, Mn, Zn); boro, nitratos, cationes intercambiables (Ca, Mg, Na, K); Capacidad de Intercambio Catiónico, cationes y aniones en extracto de saturación (INEA, 2014). Respecto a las plantaciones de *Agave tequilana* Weber var. Azul en 2002 el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de la División Agrícola de Casa Cuervo, S.A. de C.V. generaron valores de referencia para evaluar la fertilidad de los suelos sustentados en la metodología del Diagnóstico Diferencial Integrado (DDI) (Uvalle *et al.*, 2007).

En base a la sugerencia anterior los parámetros edafológicos propuestos para determinar el grado de fertilidad y deterioro de los predios de agave en los diferentes tipos de manejo: policultivo y monocultivo son: textura, materia orgánica, pH, densidad aparente, permeabilidad y nutrimentos. Tomado de Uvalle *et al.*, 2007, Uvalle y Vélez, 2007; Nikolaeva y Niño, 2007; Ceja *et al.*, 2011; Uvalle y de La Torre, 2011 y Cota, 2011 y la NOM-021-RECNAT-2000.

1) *Textura (T)*. Los agaves prefieren suelos de textura media, suelos francos, franco-arenosos o franco-arcillosos y en zonas con baja precipitación, suelos con mayor retención de humedad, suelos de textura pesada, como arcillosos o limo-arcillosos con buen drenaje interno (Ruiz, 2007; Ceja *et al.*, 2011).

2) *Materia orgánica (MO)*. Sus beneficios son: aumenta la capacidad amortiguadora del suelo, favorece la retención de humedad aprovechable y la aireación, promueve la penetración de las raíces, incrementa la capacidad de intercambio garantizando la liberación lenta y constante de nutrimentos, protege al suelo de la erosión.

3) *pH*. El género *Agave* presenta tolerancia de ligera a intermedia a sales y prospera mejor en un rango de pH de 6.0 a 8.0; y no son recomendables suelos con problemas de acidez o alcalinidad para su cultivo (Ruiz, 2007). En el área agavera de Tequila se encuentran por lo general suelos ácidos o ligeramente ácidos, se dice que los suelos ácidos o ligeramente ácidos son los ideales para el cultivo del agave, aunque es bien sabido que por lo general los nutrientes se

encuentran mayormente disponibles con un pH de entre 6.5 a 7.2. Se ha observado un buen desarrollo en un pH de 5.5 (Cota, 2011).

4) *Densidad aparente (Da)*. En los suelos orgánicos o andosoles (suelos derivados de cenizas volcánicas) es baja, en los arcillosos es media, y alta en los arenosos. Un valor alto en un suelo arcilloso indica compactación (importante para determinar la viabilidad del pastoreo en las plantaciones).

5) *Permeabilidad (P)*. Indica la velocidad del movimiento del agua en el suelo. Si es lenta, provoca falta de aireación por estancamiento de agua y si es muy rápida, fomenta la pérdida de nutrientes por lavado. La permeabilidad de un suelo es uno de los factores que controla la efectividad de tecnologías *in situ*.

6) *Nutrientes*. Los 16 nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas se suelen clasificar entre macro y micro nutrientes. Los macronutrientes se requieren en grandes cantidades e incluyen Carbono (C), Hidrógeno (H), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S). Los micronutrientes por otro lado se requieren en pequeñas, su insuficiencia puede dar lugar a carencia y su exceso a toxicidad, se refieren a Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl).

Uvalle *et al.* (2007) clasifican los principales en el cultivo del Agave, los primarios (N, P y K), secundarios (Ca, Mg y S), y micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, y Zn). Siendo estos los elementos que se identificaron en el análisis de suelo

1. Nitrógeno (N). En el suelo se encuentra en la materia orgánica y se libera por la mineralización primero como ión amonio y luego se transforma en nitrato. Mientras que el amonio puede ser fijado en el suelo, el nitrato puede perderse por lavado. También hay pérdidas de nitrógeno por volatilización de amoníaco en suelos alcalinos, y por denitrificación en suelos con exceso de humedad.
2. Fósforo (P). Se origina esencialmente del mineral apatita de donde se liberan iones fosfato por intemperización. Su disponibilidad es fuertemente

dependiente del pH del suelo. En suelos ácidos se fija como fosfato de hierro o de aluminio; mientras que en suelos alcalinos se precipita como fosfato de calcio.

3. Potasio (K). En los suelos generalmente se encuentra adsorbido o retenido en los minerales arcillosos como illita o montmorillonita, y en menor proporción en kaolinita. Mientras mayor es el contenido de arcilla, mayor es el abasto de potasio. A un mismo contenido de arcilla; a más humedad en el suelo mayor disponibilidad de potasio. Suelos muy pobres en potasio no responden en rendimiento vegetal a su aplicación.
4. Calcio (Ca) y magnesio (Mg). Estos elementos se encuentran en minerales primarios y secundarios. Mientras que en suelos alcalinos su contenido es alto; en suelos ácidos llega a ser bajo debido a las considerables pérdidas por lixiviación o lavado.
5. Azufre (S). Proviene tanto de la materia orgánica, como de minerales secundarios. Es componente común de los fertilizantes como sulfato de amonio, sulfato de potasio, etc. En el superfosfato de calcio está presente como sulfato de calcio. El azufre es un nutrimento esencial.
6. Boro (B), Cobre (Cu) y Zinc (Zn). El encalado reduce la disponibilidad de boro y zinc, pero tiene poca influencia en la de cobre, este último es afectado principalmente por una alta proporción de materia orgánica.

## **2.8 Ecofisiología. Metabolismo Ácido de las crasuláceas (CAM)**

México posee una gran diversidad de especies con el Metabolismo Ácido de las Crasuláceas (CAM, por sus siglas en inglés). Las especies con este metabolismo pueden crecer en sitios donde la disponibilidad de agua es poco frecuente, tales como zonas áridas y semiáridas y en las copas de árboles, o como hidrófitas en sitios con poca disponibilidad de CO<sub>2</sub> (Andrade *et al.*, 2007). Dicho metabolismo fotosintético es utilizado por las agaves y cactus cuyo rasgo fundamental es la transpiración nocturna, abren sus estomas en la noche, fijan el carbono en ácidos orgánicos, principalmente ácido málico, que se acumulan en las vacuolas; durante el día el ácido málico es descarboxilado y se obtiene carbono, el cual es utilizado por la planta para la producción de carbohidratos (Nobel, 2011; García, 2007).

El agave tiene la capacidad de tolerar ambientes extremos debido a que puede tomar dióxido de carbono durante la noche, por ello es una planta de Metabolismo Ácido Crasuláceo–CAM, el metabolismo CAM permite obtener ganancias netas de carbono con una pérdida mínima de agua (Nobel *et al.*, 1998; Pimienta *et al.*, 2006; García, 2007).

La productividad de plantas CAM se puede predecir mediante el llamado Índice de Productividad Ambiental (IPA) a partir de las respuestas fisiológicas de individuos bajo condiciones controladas en el laboratorio. Ruiz *et al.* (2002), utilizaron los IPA en combinación con datos climatológicos para determinar zonas adecuadas para el cultivo de *Agave tequilana* en Jalisco. Esta investigación concluyó que la temperatura nocturna es el factor ambiental más importante en la regulación de la fotosíntesis en *Agave tequilana*.

Pimienta *et al.* (2001) estudiaron los efectos de las variaciones estacionales en la temperatura del aire, humedad del suelo, y la irradiación en la tasa neta de absorción de CO<sub>2</sub> de *Agave tequilana* bajo dos tipos de clima cálido subtropical y en subtropical templado y encontraron que esta especie vegetal CAM pueden secuestrar carbono, incluso durante períodos prolongados de sequía.

En otro análisis relacionado con la Ecofisiología del Agave se encontró que la mayor asimilación de CO<sub>2</sub> en las plantas de agave estuvo relacionada con una alta humedad relativa y con las temperaturas moderadas. *Agave tequilana* responde favorablemente en la asimilación de CO<sub>2</sub> y en crecimiento en las condiciones ambientales del invernadero (García, 2004).

Por su parte, Ramírez *et al.* (2014) evaluaron el efecto de dos potenciales de agua en el sustrato durante 14 meses bajo invernadero, sobre el crecimiento, la distribución de biomasa, el grosor foliar y el contenido de prolina de seis especies de *Agave* y encontraron que las plantas jóvenes son capaces de sobrevivir hasta 14 meses enfrentando condiciones extremas de falta de humedad con restricciones crecientes de humedad en el suelo.

## **CAPÍTULO III.**

### **MARCO TEÓRICO**

La presente investigación se enmarca y sustenta desde el enfoque de desarrollo, desarrollo sustentable, sustentabilidad y agroecología, de modo que permitan entender y relacionar los factores sociales, económicos, ambientales y políticos que inciden en el cultivo del agave de forma sistémica.

#### **3.1 Desarrollo**

El pensamiento sobre el desarrollo ha tenido una evolución amplia desde la “escuela clásica de la economía” del siglo XVIII, con diferentes enfoques: inicialmente una visión del desarrollo como crecimiento económico y posteriormente enfoques que visualizan otras dimensiones no meramente cuantitativas (Mogrovejo, 2010).

En la década de los noventa el debate sobre el desarrollo experimenta un punto de inflexión. Hasta entonces, las diferentes posiciones coincidían básicamente en los objetivos del desarrollo. La idea de la modernización como escenario a conseguir marcó la visión del desarrollo, lo que en última instancia respondía a los niveles de industrialización y a los estándares de vida alcanzados por los países más ricos (Dubois, 2006).

Cabe señalar que referente al concepto de desarrollo la tendencia había sido de una interpretación estrechamente economicista, para asumir una concepción más compleja y multidimensional del desarrollo, en la que adquieren una mayor relevancia los aspectos sociales. Además de la dimensión social, el concepto de desarrollo se ha incorporado en los últimos años, con un protagonismo cada vez mayor a la dimensión referida al medio ambiente. Esta incorporación responde a la evidencia de que no puede haber un desarrollo sostenible si no se busca un cierto equilibrio con el entorno natural en el que la economía se inserta (Alonso, 2000).

Por lo tanto el desarrollo es un concepto que se utiliza en todos los ámbitos y países y cuyo primer significado es crecimiento, cambio o mejora en un determinado periodo. Para el Banco Mundial, el desarrollo es la mejora en el bienestar de las personas. Entonces hace referencia a todos aquellos aspectos que inciden sobre la calidad de vida de la población incorporando criterios referentes a la calidad de la educación, niveles de salud, distribución del ingreso, acceso a las libertades y derechos fundamentales y bienestar cultural y espiritual (Quiroz *et al.*, 2011).

En la actualidad, este concepto es motivo de un intenso debate y, si bien está construcción, también es cierto que es una idea en disputa (Morales, 2004). Valsiner (2008) refiere que el desarrollo puede ser definido como una transformación constructiva de la forma en el tiempo irreversible a través de procesos de intercambio entre el organismo y el medio. El desarrollo está vinculado a la acción de desarrollar a las consecuencias de este accionar. Se trata de incrementar, agrandar, extender, ampliar o aumentar alguna característica de algo físico (concreto) o intelectual (abstracto). Por lo tanto el desarrollo define el crecimiento que no necesariamente es negativo y/o positivo, los resultados para determinar este proceso deben reflejar las dimensiones, sociales, económicas, ambientales y culturales, sino estaría incompleto.

### **3.2 El Desarrollo Sustentable como marco conceptual**

Existen varias interpretaciones de desarrollo sustentable, las más usada en la del informe Brundtland, pero también la perspectiva neoclásica, que cuantifica y operacionaliza el concepto de sustentabilidad, propuesta por economistas, la posición ecologista y la visión de los anti desarrollistas.

Abordaremos las más citada el informe Brundtland, la perspectiva economicista y la alternativa. La Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (WCED por sus siglas en inglés) en 1987, conocida como la Comisión Brundtland, en su informe denominado "Nuestro Futuro Común" (Our Common Future), plantea la posibilidad de obtener un crecimiento económico que esté basado en políticas de

sostenibilidad y expansión de la base de recursos ambientales (Bruntland *et al.*, 1987).

La Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD-por sus siglas en español) observó diversos ejemplos de "desarrollo" que conducían a aumentos en términos de pobreza, vulnerabilidad e incluso degradación del ambiente. Por eso surgió como necesidad apremiante un nuevo concepto de desarrollo, un desarrollo protector del progreso humano hacia el futuro, el "desarrollo sostenible". El Reporte Brundtland acepta el concepto de desarrollo y propone al desarrollo sustentable como un camino para corregir los efectos de la crisis ecológica global y lo definió como "aquel desarrollo que satisface las necesidades de la presente generación, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas" (Brundtland *et al.*, 1987).

La otra concepción refiere a un conjunto de indicadores para medir el desarrollo sustentable. La definición es: "El desarrollo económico en un área específica (región, nación, el globo) es sustentable si la reserva total de los recursos agotables-no decrece con el tiempo" (Bojo *et al.*, 1990). El enfoque se sigue quedando corto, porque no integra todas las dimensiones.

Otra corriente considera a la sustentabilidad desde un punto de vista holista en donde los involucra aspectos ecológicos, sociales, económicos y culturales. Foladori y Tommasino (2005), al respecto refieren que el ecodesarrollo deriva del concepto de ecosistema, involucra al sistema natural y el contexto sociocultural, y reconoce el fenómeno de diversidad sugiriendo una pluralidad de soluciones a la problemática del desarrollo.

En cuanto al desarrollo sustentable aplicado en México, la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS) publicada el DOF en el 2001 indica en el Artículo 3º, inciso XIV que: "El desarrollo rural sustentable es el mejoramiento integral del bienestar social de la población y de las actividades económicas en el territorio comprendido fuera de los núcleos considerados urbanos de acuerdo con las disposiciones aplicables, asegurando la conservación permanente de los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios ambientales de dicho territorio".

El desarrollo rural sostenible es un proceso de transformación de las sociedades rurales y sus unidades territoriales, centrado en las personas, participativo, con políticas específicas dirigidas a la superación de los desequilibrios sociales, económicos, institucionales, ecológicos y de género, que busca ampliar las oportunidades del desarrollo humano (IICA, 1999). Apunta claramente a la idea de cambio gradual y direccional y refiere a un crecimiento cuantitativo y cualitativo de potencialidades complejas crecientes (que pueden presentar o no un crecimiento cuantitativo) (Gallopín, 2003).

Además implica el uso eficiente de los recursos naturales con las políticas implementadas, tratando de lograr más objetivos con los mismos o menos recursos, reconociendo también que la naturaleza nos provee de bienes y servicios vitales para el ser humano y los cuales deben ser sustentables (Hernández, 2016).

Dentro del desarrollo sustentable es imprescindible definir el manejo sustentable, el cual es el uso o aprovechamiento responsable de los recursos en un área o espacio geográfico, la unidad de media puede ser tan pequeña como una parcela o grande como una cuenca hidrográfica. En este caso las plantaciones agaveras.

### **3.3 Sustentabilidad**

En inicio, no es menester de la presente investigación realizar una discusión ya sea conceptual o lingüístico sobre el término “sustentabilidad” y “sostenibilidad”, por ello el apartado sólo se limita a presentar las diversas conceptualizaciones sobre el tema.

La sustentabilidad está asociada a la transformación de diferentes ámbitos que se desenvuelve el ser humano, con el propósito de satisfacer sus necesidades presentes y futuras bajo estrategias elaboradas para tal fin (Casas *et al.*, 2008) para promover el desarrollo sustentable se requiere de la contribución de las tres dimensiones: económico, social y ambiental.

Para la dimensión ambiental, se tienen grandes listados de variables a diversos niveles que no integran las dimensiones social y económica para evaluar la sustentabilidad. De manera ocasional, se integran algunas variables al interior de las dimensiones, generando índices, como: el índice de desarrollo humano, de bienestar social, de contaminación, de diversidad vegetal o de extinción de especies, que por sí solas no se relacionan con el resto de dimensiones y variables. El poco avance obtenido para el logro del desarrollo sustentable se debe a que no se planea ni evalúa de forma cuantitativa al nivel básico, local, comunitario o de agroecosistema, dado que la mayoría de las propuestas se ubican, o bien, a un mayor nivel jerárquico como el nacional, internacional, o a un inadecuado nivel inferior de sistema: parcela, cultivo o hato (World Bank, 1997).

Así pues el desarrollo sustentable se va modificando a medida que las realidades locales y regionales, sociales, culturales, económicas y ambientales van cambiando. Urquidi (2000) señala que para que sea viable el desarrollo sustentable aunado a las transformaciones estructurales jurídicas, culturales, económicas, sociales y ambientales, se requiere además desarrollar un marco de referencia para su diseño, operación y evaluación.

### **3.4 El agroecosistema como unidad de análisis**

Un agroecosistema se considera sustentable cuando produce, en un estado de equilibrio estable, una combinación específica de bienes y servicios, que satisfacen un conjunto de metas (productivo), sin degradar sus recursos base (estable). Para su análisis se deben incorporar elementos socioculturales y económicos (Gastón, 2008).

Un sistema agrícola o agroecosistema es un complejo de diferentes factores como el aire, agua, plantas, suelo, organismos y microorganismos que coexisten en una área delimitada, la cual ha sido modificada por el hombre con fines agrícolas, está compuesto por diversificación de grupos y relaciones como el suelo, el agua disuelto en el suelo, el germoplasma, la densidad de cultivo, el producto cosechado, las partículas que causan la erosión al suelo (Marten, 1988).

Los recursos con que cuenta el productor son, la mano de obra familiar, su capital, una parcela de tierra, en la que exista cierta calidad del suelo y su cielo ( agua, luz, vientos, temperatura, etc. ) además, cuenta con cierta fuerza de tracción (mecánica, animales o humana), con recursos genéticos de plantas y animales, los cuales generan productos y subproductos (desechos, estiércol etc.), y finalmente su tecnología generada por generaciones de productores y adaptadas (Turrent, s/f).

Los términos agrosistema, sistema agrícola y sistema agrario han sido utilizados para describir las actividades agrícolas realizadas por grupos de gente. Sistema de alimentación, en cambio, es un término más amplio que incluye producción agrícola, distribución de recursos, procesamiento y comercialización de productos dentro de una región y/o país agrícola (Krantz, 1974). En los sistemas agrícolas concurren interacciones entre la gente y los recursos de producción de alimentos al interior de un predio o incluso un área específica. Sin embargo es difícil establecer los límites exactos de un agroecosistema. Principalmente cuando el sistema involucra subsistemas, es decir ejemplificando en el cultivo del agave, el producto final es la elaboración del tequila, por lo tanto para determinar las acotaciones del agroecosistema agave se debe limitar específicamente a las actividades agrícolas y no industriales.

El agroecosistema es la unidad ecológica principal y contiene componentes abióticos y bióticos que son interdependientes e interactivos, y por intermedio de los cuales se procesan los nutrientes y el flujo de energía. La función de los agroecosistemas se relaciona con el flujo de energía y con el reciclaje de los materiales a través de los componentes estructurales del ecosistema el cual se modifica mediante el manejo del nivel de insumos. La cantidad total de energía que fluye a través de un agroecosistema depende de la cantidad fijada por las plantas o productores y los insumos provistos mediante su administración. Tienden hacia la maduración, por lo tanto pueden pasar de formas menos complejas a estados más complejos. Siendo la principal unidad funcional del agroecosistema es la población del cultivo (Altieri, 1999a).

Laird (1991) menciona que el sistema de producción “está definido como una parte de un universo de producción, en el cual los factores de producción inmodificables son razonablemente constantes”.

Los componentes del agroecosistema comprenden todos los organismos y recursos disponibles en la región cultivada, como los cultivos sembrados, el suelo, agua circulante, flora, fauna, microorganismos, balance energético en el sistema, el ambiente físico y químico y el entorno humano asociado.

Los agroecosistemas se han simplificado para lograr el objetivo de alto rendimiento en un tiempo corto, no obstante su manejo correcto requiere mantener la estructura que lo distingue. La expansión e intensificación de los cultivos figuran entre los cambios globales que son previsibles. Cabe señalar que en todo sistema hay una variedad de especies aparentemente irrelevantes para el éxito de las cosechas y que sin embargo son claves para la estabilidad del mismo (Troyo *et al.*, 2006).

El agroecosistema se considera como el nivel básico de planeación de la sustentabilidad, por ser un área geográfica definida, en la que se establecen relaciones sociales, económicas y ambientales que transforman a la naturaleza y al hombre. Por lo que la sustentabilidad es única e indivisible (Casas *et al.*, 2008). Otro concepto de Hart (1985) es el agroecosistemas es un ecosistema que cuenta por lo menos con una población de utilidad agrícola y el desempeño del mismo está regulado por la intervención del hombre. Permite abordar y comprender la complejidad de la agricultura e identificar una serie de prácticas de manejo que los productores utilizan para modificar diversos ecosistemas ubicados en variados espacios geográficos con el propósito de producir alimentos y materias primas (Casanova, 2015).

Dependiendo del tipo de cultivo, manejo, extensión y muchos otros factores, hay un impacto diferente de los agroecosistemas sobre la biodiversidad de los ecosistemas naturales, sin embargo, la biodiversidad remanente en estos paisajes también tiene un efecto en los agroecosistemas (López y Landgrave, 2008).

Los ecosistemas agrícolas son sistemas antropogénicos, su origen y mantenimiento van asociados a la actividad del hombre, que ha transformado la naturaleza para obtener principalmente alimentos. La antigüedad de la actividad humana y el ritmo pausado de las intervenciones durante las diversas etapas de la agricultura ha permitido un notable acoplamiento entre las prácticas agrícolas y los ecosistemas seminaturales que se generan (Sans, 2007). Tal es el caso del cultivo del agave donde actualmente se ha incrementado la extensión de cultivo en todo el país, principalmente en el estado de Jalisco, aunque no sea precisamente para la obtención de alimentos, y aunque su importancia radica en la elaboración del tequila, sin embargo algunos productores al intercalar cultivos como maíz, frijol, frutales obtienen productos alimenticios y la conformación de estos agroecosistemas se van enriqueciendo dado a la diversidad biológica y social.

Para fines de la investigación el concepto de agroecosistema del agave es:

*Superficie de producción agrícola en el cual interviene y manipula el productor para aprovechar el tallo y base del agave. Se realizan dos tipos de manejo el monocultivo y el policultivo de forma tradicional. El principal producto que se obtiene es la piña para la elaboración del tequila (salidas) y que genera ingresos a los productores, se emplea en mayor proporción el uso de pesticidas y ocasionalmente abonos orgánicos (entradas).*

La sustentabilidad no puede ser concebida de forma parcial sino de una forma pues debe abordarse en diferentes dimensiones (económica, social, ambiental, cultural y política). En este sentido el concepto de sustentabilidad aplicado al agroecosistema del *Agave tequilana* Weber var Azul, debe basarse en la gestión de los recursos, prácticas agrícolas sustentables, inclusión de los productores, reconocimiento y valoración del conocimiento tradicional y mejora en la políticas agrícolas enfocadas al agave.

En este sentido los procesos que deberán ocurrir para que el Agroecosistema *Agave* tienda a la sustentabilidad son: manejo y aprovechamiento racional de los recursos, diversificación del cultivo, minimización de pesticidas, aplicación de

insumos orgánicos, rotación de cultivos, sembrar en curvas a nivel, descanso de tierras, mejorar los rendimientos en ambos manejos. Diseñar estrategias en la toma de decisiones de los productores ante crisis de precios oscilatorios.

En resumen, los procesos deben focalizarse a la aplicación buenas prácticas agrícolas, vincular las instituciones de investigación con las gubernamentales relacionadas con la cadena agave, mejorar la política agrícola, organización, fijar el precio, capacitación y asistencia técnica.

En base a lo señalado con antelación, la sustentabilidad en el agroecosistema *Agave* deberá sostenerse en:

*“Autonomía y manejo eficiente en las plantaciones, diseño adecuado de plantación, diversificación de cultivos, conservación de especies silvestres, pastoreo con ganado y elaboración de abono orgánico, siembra a curvas de nivel, intercambio de conocimientos tradicionales, adopción de innovaciones tecnológicas apropiadas y específicas al tipo de productor, aprovechamiento de los esquilmos agrícolas de la planta (pencas), no dependencia de agroquímicos y relaciones equitativas entre el productor y las destiladoras”*

### **3.5 Indicadores de sustentabilidad**

Es este apartado se analizaron los diferentes métodos de evaluación de la sustentabilidad para concluir con una metodología que unifique los indicadores de sustentabilidad específicos para el cultivo del agave y comparar los dos manejos del sistema.

Para la evaluación de la sustentabilidad diversas metodologías e indicadores han surgido. Por su parte la CEPAL (2002) menciona que en México el desarrollo de los indicadores de sostenibilidad partió de la creación de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), en colaboración con el Instituto Nacional de Ecología (INE). Siguiendo el esquema de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) de Presión-Estado-Respuesta (PER).

A partir de los criterios de sustentabilidad podemos evaluar si las actividades son sustentables en diversos aspectos (sociales, económicos y ambientales) y permite tomar decisiones de mejora, para medir estos criterios son necesarios los indicadores los cuales deben responder a las condiciones específicas de cada caso.

No siempre se pueden utilizar un mismo indicador para evaluar dos procesos similares en lugares o momentos diferentes, ya que las condiciones sociales, ambientales o económicas pueden ser diversas. Por ello es importante adaptar indicadores de sustentabilidad adecuados a las condiciones del contexto local o en su caso a las características de los sistemas agrícolas (SEMARNAT, 2004).

Los indicadores permiten, a) Conocer las condiciones iniciales; b) Medir el cambio; c) Mostrar vínculos y relaciones (interacciones de factores sociales, ambientales y económicos y d) Reportar, informar y analizar los datos obtenidos.

Los indicadores de sustentabilidad tienen que (SEMARNAT, 2004):

1. Ser integradores
2. Ser fáciles de entender, medir y monitorear
3. Ser aplicables
4. Reflejar con claridad el atributo que se quiere evaluar
5. Poder evidenciar cambios significativos y
6. Promover y facilitar la participación social comunitaria

Astier y González (2008) mencionan al respecto “los indicadores concretos dependerán de las características del problema específico bajo estudio, de la escala del proyecto, del grado de acceso y de la disponibilidad de datos. El conjunto de indicadores seleccionados está relacionado con su criterio de formulación y debe responder a los objetivos de la evaluación”.

Diversos indicadores se han propuesto para evaluar la sustentabilidad (Cuadro 1). Algunos sólo se enfocan al factor ambiental o económico debido a que son indicadores globales de la población. Específicamente se generó el Índice de Manejo Agronómico (Moreno, 2011), el cual mide y cuantifica las prácticas en la

plantaciones agaveras, sin embargo no compara los manejos de sistemas. Valenzuela (2007a) empleó la metodología MESMIS para la región de Amatitán, en base a trabajo de campo y participación comunitaria, en un estudio muy completo, no obstante no compara los manejos de sistemas de los pequeños productores, ni toma en cuenta el factor político-institucional.

**Cuadro 1. Indicadores empleados en la evaluación de la sustentabilidad**

Tipo de indicadores	Propuesto por (Institución, investigador)	Área o dimensión
<b>INDICADORES GLOBALES</b>		
INEGI-INE-SEMARNAP, 2000	Cuatro categorías –social, económica, ambiental e institucional– y por su naturaleza dentro del esquema presión-estado-respuesta, distribuidos así: presión 43, estado 54 y respuesta 37, que totalizan 134 indicadores.	Ambiental-Social-Económica-Institucional
Global Leaders for Tomorrow Environmental Task Force del World Economic Forum, desarrollado por el Yale Center for Environmental Law and Policy, el Center for International Earth Science Information Network de la Universidad de Columbia, 2001.	El Índice de Sostenibilidad Ambiental (ISA). El comprende 76 variables de igual peso ponderado en el total y se estructuran en 21 indicadores y 5 componentes. Combina indicadores medioambientales que van desde la calidad del aire, reducción de desechos hasta la protección de bienes comunes internacionales.	Ambiental
World Wildlife Fund International	Índice del planeta vivo (Living Planet Index (LPI)), mide los cambios en la salud de los ecosistemas naturales del mundo, enfocándose en los bosques, aguas dulces, y biomas marinos de nuestro planeta, ya que estos contienen el fuerte de la biodiversidad de la Tierra.	Ambiental
Banco mundial	Indicadores del Banco Mundial. Son dos indicadores “sintéticos”, que combinan factores ambientales y económicos en un numerario único.	Ambiental-Económico
Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), publicada en “Towards Sustainable Development: Environmental Indicators, 2001	Se clasificar en 4 grupos interconectados, Indicadores titulares (core), Indicadores claves o principales (key), Indicadores sectoriales, Indicadores derivados de Cuentas Ambientales e Indicadores de disociación ambiental	Ambiental-Económico

<p>Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (International Institute for Sustainable Development- IISD)</p>	<p>Compendio de Sustainable Development Indicators. Comprende más de 500 iniciativas, que se auto agregan libremente a la lista, la gran mayoría corresponde a iniciativas locales (comunales, comunitarias, regionales y de ciudades al interior de los países); iniciativas de medición de progreso en agendas sectoriales o temáticas, ej. Indicadores sociales de equidad de género, indicadores locales de salud, indicadores de cambio climático, de turismo sostenible, de manejo sostenible de bosques, etcétera.</p>	<p>Ambiental-Social-Económica</p>
<b>MÉTODO AGROECOLÓGICO</b>		
<p>Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba (APOT). Citado en Altieri y Nicholls (2002)</p>	<p>Dos índices que se subdividen en 10 cada uno en total 20. 1) estructura y textura del suelo: compactación e infiltración; profundidad del suelo; estado de residuos; color, olor y materia orgánica; retención de humedad; desarrollo de raíces; cobertura del suelo; erosión y actividad biológica. 2) Salud del cultivo: apariencia; crecimiento del cultivo; tolerancia al estrés; incidencia de enfermedades; competencia por malezas; rendimiento actual/potencial; diversidad genética; diversidad vegetal; diversidad natural circundante y sistema de manejo.</p>	<p>Ambiental</p>
<b>CULTIVOS INTERCALADOS</b>		
<p>Específicamente en cultivos intercalados McGilchrist, 1965; Willey, 1980; Mead y Wiley (1980); Banik, 1996; Ghosh, 2004; Midya <i>et al.</i>, 2005 citados en Dhima <i>et al.</i> 2007.  Banik <i>et al.</i> 2000; Park <i>et al.</i> 2002; Weigelt and Jolliffe, 2003; Bezerra <i>et al.</i>, 2007 citados en Bezerra <i>et al.</i>, 2010.</p>	<p>Cultivos intercalados. Índices de cultivo intercalado existentes como equivalente de la tierra (LER), coeficiente de hacinamiento relativa (RCC o K), agresividad (A), la relación competitiva (CR), la pérdida de rendimiento real (AYL), índice de ventaja monetario (AMI), y la ventaja intercalados (IA).  Eficiencia de producción (YEI), ganancia bruta (GI), ingresos netos (NI), ventaja modificada monetaria (MMA), tasa de retorno (RR) y el margen de beneficio (PM). Área relación de equivalencia de tiempo (ATER) y la relación de rendimiento de los cultivos (RCP).</p>	<p>Ambiental-Económico</p>

<p>Vandermeer, 1989 citado en Marlats <i>et al.</i>, 1995.</p> <p>Azam-Ali, 1995 citado en Yahuza, 2011.</p>	<p>Tasa Interna de Retorno (TIR) Valor Actual Neto (VAN) y Valor Total Relativo (RVT).</p> <p>La relación de rendimiento de los cultivos ajustado para el tiempo (CPRT) es más eficiente donde los cultivos componentes difieren en la duración del crecimiento y ventaja monetaria (MA)</p>	
<b>AGROECOSISTEMAS-CULTIVO AGAVE</b>		
<p>Moreno, 2011</p>	<p>Índice de Manejo Agronómico (IMA), integrado por cinco indicadores: 1) número de prácticas que permiten la diversificación de especies, 2) cantidad de materia orgánica en el suelo, 3) número de prácticas que aprovisionan condiciones edáficas óptimas, 4) tipo de manejo de control de plagas y enfermedades y 5) tipo de control de maleza.</p>	<p>Ambiental-Ecológico</p>
<p>Valenzuela, 2007a</p>	<p>Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS). Se evaluaron 16 indicadores: bajos rendimientos; inestabilidad en los precios del agave; (ciclos económicos); inestabilidad en la rentabilidad económica; mayores costos de producción por un aumento de uso de insumos agrícolas; diversidad de intercultivos y exigencia de pureza varietal; susceptibilidad a la degradación del suelo por: la disminución de la cubierta vegetal (herbicidas), por el aumento de laboreos de suelo, por pérdida de materia orgánica y la ausencia de descanso de tierras; incidencia de plagas y malezas; disponibilidad de opciones tecnológicas; poder de negociación de minifundistas sobre la comercialización del agave; dependencia de insumos externos; demanda de uso de la mano de obra y asesoría técnica</p>	<p>Ambiental-Social-Económica— cultural</p>
<p style="text-align: center;"><b>Fuente: Elaboración propia a partir de: Marlats, 1995; INEGI-INE-SEMARNAP, 2000; Altieri y Nicholls (2002); Dhima <i>et al.</i>, 2007; Quiroga (2007); Valenzuela, 2007a; Bezerra <i>et al.</i>, 2010; Moreno, 2011; Yahuza, 2011.</b></p>		

### **3.6 La agroecología en el diseño de la agricultura sustentable**

El uso contemporáneo del término agroecología data de los años 70, pero la ciencia y la práctica de la agroecología son tan antiguas como los orígenes de la agricultura. A medida que los investigadores exploran las agriculturas indígenas, las que son reliquias modificadas de formas agronómicas más antiguas, se hace más notorio que muchos sistemas agrícolas desarrollados a nivel local, incorporan rutinariamente mecanismos para acomodar los cultivos a las variables del medio ambiente natural, y para protegerlos de la depredación y la competencia. Estos mecanismos utilizan insumos renovables existentes en las regiones, así como los rasgos ecológicos y estructurales propios de los campos, los barbechos y la vegetación circundante (Altieri, 1999a). Este nuevo enfoque teórico surge en respuesta a la crisis civilizatoria evidenciada por las sucesivas crisis económicas del capitalismo y por las crisis sociales y ambientales que se agravan cada día en América Latina y en el mundo.

La agroecología en México surgió hacia finales de los setentas del siglo pasado y su principal precursor fue Hernández X. (1977), quien además le dio un especial énfasis a los saberes campesinos. En el caso de México, las experiencias agroecológicas no se reducen ni se centran en la agricultura y la ganadería, sino que atañen más a un manejo ecológicamente adecuado de los recursos naturales locales, incluyendo las áreas forestales (con bosques, selvas y matorrales) y la conservación de la agro biodiversidad (Toledo, 2012).

La agroecología según (Sevilla, 2011), puede ser definida como “el manejo ecológico de los recursos naturales a través de formas de acción social colectiva que presentan alternativas a la actual crisis civilizatoria. Su estrategia tiene una naturaleza sistémica, al considerar la finca, la organización comunitaria, y el resto de los marcos de relación de las sociedades rurales articulados en torno a la dimensión local, donde se encuentran los sistemas de conocimiento (local, campesino y/o indígena) portadores del potencial endógeno que permite potenciar la biodiversidad ecológica y sociocultural”.

La agroecología reconoce el conocimiento de las culturas tradicionales que aseguraron la reproducción socioeconómica a lo largo de la historia por ello valoriza y reivindica el conocimiento local, campesino e indígena (Sevilla, 2011; Caporal, 2013). Como enfoque ecológico del proceso agrícola, no solo abarca la producción de alimentos; sino, que toma en cuenta los aspectos culturales, sociales y económicos, que se relacionan e influyen en la producción. Así, situados como dos modos radicalmente diferentes de apropiación del ecosistema, el modo agrario tradicional (indígena, campesino) y el modo agroindustria (convencional) conforman las dos maneras de concebir, manejar y utilizar los agroecosistemas (Martínez, 2004).

La agroecología tiene por objetivo el conocimiento de los elementos y procesos clave que regulan el funcionamiento de los agroecosistemas y establece las bases científicas para una gestión eficaz en armonía con el ambiente. Esta disciplina surge como respuesta a la crisis medioambiental y socioeconómica de la agricultura industrializada a nivel mundial, se reconoce como agricultura ecológica, también llamada orgánica y biológica (Sans, 2007). (La agroecología, ha evidenciado su importancia para enfrentar la crisis agrícola mundial (Funes y Márquez, 2017).

Si la sustentabilidad propone realizar ajustes mayores en la agricultura convencional para hacerla ambientalmente, socialmente y económicamente más viable y compatible. La agroecología provee el conocimiento y la metodología necesaria para desarrollar una agricultura ambientalmente adecuada pero altamente productiva, socialmente equitativa y económicamente viable (Altieri, 1999). Como enfoque ecológico del proceso agrícola, no sólo abarca la producción de alimentos; sino, que toma en cuenta los aspectos culturales, sociales y económicos, que se relacionan e influyen en la producción (Martínez, 2004).

### **3.7 Prácticas agroecológicas en el manejo de los recursos naturales**

El modelo de producción “industrial” originado desde la “revolución verde”, ha llevado a la ruptura de las relaciones entre la agricultura, la cultura rural y el

entorno físico, y es la causa de la crisis de la agricultura moderna y el abandono de numerosos espacios rurales (Sans, 2007). Como es el caso del cultivo del agave, siempre la materia prima imprescindible en la elaboración del tequila, los productores han sobreexplotado el cultivo, originando el uso de cambio de suelo y degradando los recursos principalmente el edáfico, por otro lado actualmente hay una gran desmotivación por parte de los pequeños productores que han abandonado las plantaciones y en su caso han reconvertido sus cultivos.

La sustentabilidad está relacionada con las prácticas agrícolas y desde una perspectiva ecológica, los monocultivos presentan la alta vulnerabilidad de sistemas ecológicamente artificializados y genéticamente homogéneos al cambio climático y a la invasión de plagas y enfermedades, baja resiliencia<sup>1</sup> y la alta susceptibilidad a plagas, reducción del hábitat que provoca la expansión de plagas (Altieri, 2009). Los impactos del monocultivo se ven reflejado tanto en aspectos sociales, ambientales y culturales, siendo los principales: destrucción de la biodiversidad, contaminación y agotamiento de fuentes de agua, desertificación de los suelos, deforestación, despojo de tierra, agua, bosques y demás recursos naturales, provocan daños a la salud, destruyen el tejido social de comunidades y reorganizan territorios enteros de manera funcional a la acumulación de capital de grupos sociales más poderosos (Emanuelli *et al.*, 2009).

Por otro lado, Armbrecht (2009) comenta que los sistemas convencionales se caracterizan por la diversificación productiva y el uso de tecnologías ecológicas, socialmente equitativas y que los policultivos pueden producir de 20 a 60% más que los monocultivos, ya que son más eficientes en el uso de agua, energía, previenen el daño por plagas y malezas y que las condiciones para hacer más sostenibles los sistemas de producción son producir diversificadamente (policultivos, rotaciones silvopastoriles).

La rotación y múltiples sistemas de cultivo son las estrategias de gestión eficaces para los monocultivos anuales. Altieri (2016) indica que los agricultores de

---

<sup>1</sup> Es la capacidad que tienen los ecosistemas para soportar perturbaciones y/o cambios sin que altere su estructura y funcionalidad de forma significativamente y que posteriormente puede regresar a su estado original.

escasos recursos que utilizan sistemas agroecológicos son menos dependientes de recursos externos, y además promueven la soberanía alimentaria y la autonomía productiva.

La diversidad puede ser mejorada en el tiempo a través de la rotación de cultivos y secuencias y en el espacio en forma de cultivos de cobertura, cultivos intercalados, agrosilvicultura, mezclas de cultivos/ganadería, etcétera, para diversificar los cultivos. Las opciones para diversificar los sistemas de cultivo están disponibles en función de si los sistemas de monocultivo actuales para ser modificados se basan en cultivos anuales o perennes, la rotación y múltiples sistemas de cultivo son las estrategias de gestión eficaces para los monocultivos anuales.

El agave o maguey representa uno de los recursos naturales de mayor importancia desde el punto de vista económico, social y agroecológico, los agaves son vistos por productores, empresarios y gobiernos municipales y estatales como un recurso de gran importancia socioeconómica y agroecológica, ya que en muchas de las actividades que se realizan para recuperar suelos o bien evitar tanto la erosión eólica como hídrica, de igual forma para la alimentación del ganado como suplemento y para la elaboración de tequila, sin embargo presenta signos de agotamiento y sobreexplotación en algunas regiones, ello debido a prácticas inadecuadas en su manejo y falta de planeación (García *et al.*, 2010).

Los sistemas agrícolas que son diversificados demuestran una serie de ventajas por sobre los monocultivos, principalmente de tipo ambiental y en menor medida de tipo económico y social, sin embargo se deben resaltar las bondades que este tipo de sistema ofrece y que contribuyen en la sustentabilidad en diferentes medida o grados a la agricultura (Chiwo, 2000).

En este sentido las prácticas agroecológicas son fundamentales bajo el enfoque de la sustentabilidad, debido a que coadyuvan en el eficiente manejo de los recursos naturales.

### 3.8 Integración vertical y la industria tequilera

En microeconomía y dirección estratégica, la integración vertical es una teoría que describe un estilo de propiedad y control. Las compañías integradas verticalmente están unidas por una jerarquía y comparten un mismo dueño. Generalmente, los miembros de esta jerarquía desarrollan tareas diferentes que se combinan para satisfacer una necesidad común. La integración vertical es un concepto que sienta sus bases en la propiedad y control de la empresa, el objetivo es mejorar la eficiencia productiva a través de la minimización de costos (producción y de transacción). La característica es la alianza vertical jerarquizada y el control de un sólo capitalista de toda la cadena productiva. Dicha cadena se encuentra integrada verticalmente cuando la empresa principal se involucra y de alguna forma control todas las fases de la cadena productiva (Tamayo y Piñeros). La integración vertical es de dos tipos: “hacia atrás” y “hacia adelante”. Un ejemplo fehaciente en el tema agroindustrial son las destiladoras o tequileras, las cuales poseen plantaciones agaveras, además de infraestructura y equipamiento para el proceso del tequila, medios de transporte y difusión, generan sus propias marcas y diversos tipos de tequila e incluso se han diversificado en actividades turísticas y culturales. La integración vertical no es un fenómeno nuevo y es ampliamente observado en muchas agroindustrias como la del tabaco (Makinlay 2011 y Jáuregui, 1980), la azucarera (CEFP, 2001) la avícola (Chirinos *et al.*, 2008), las hortalizas congeladas (Echanove, 2000) y otra muchas más.

Las principales ventajas de la integración vertical, indica Victoria (2011, 81), son: 1) Reducción de costos; 2) Poder defensivo de mercado (autonomía en oferta o demanda) y 3) Administrativas y de gestión (disciplina de mercado a través del trato directo con los proveedores) y las desventajas son: 1) Aumento de riesgos (mayor inversión) y 2) Pérdida de flexibilidad para diversificarse (se restringe la posibilidad de recurrir a diferentes distribuidores y proveedores). Sin embargo los pequeños productores de agave son excluidos de los beneficios de este modelo al tener las tequileras el control total de la cadena de valor, incluso del eslabón primario. Además de la capacidad de gestión política y social que estas poseen.

En el caso de la industria tequilera la integración vertical hacia atrás, refiere Orozco (2011), ha sido una estrategia para afrontar la problemática de escasez de materia prima, a través de tener plantaciones propias, adquisición de predios, parcelamiento, contratos de compra a futuro y asociaciones, incrementando el control de la industria sobre los agaveros. Este esquema requiere altas inversiones que carecen las empresas medianas y pequeñas limitándolas a insertarse al modelo de las grandes tequileras y acentuando la inequidad entre los sectores sociales integrados a la cadena productiva. Ello lo corroboran Barrera y Sánchez (2003) quienes indican que las fluctuaciones del mercado son de orden estructural e inciden principalmente en el interés de las destiladoras por tener el dominio del sector productivo sin tomar en cuenta las externalidades, y concluyen que las grandes tequileras han controlado el precio y la tierra a través de mecanismos directos e indirectos.

Al respecto, Anlló *et al.* (2010) puntualizan que el sistema de comercialización tradicional está siendo sustituido debido a la política impositiva de las cadenas comerciales al generar productos propios, marcas específicas y rentar espacios de venta, esto ejerce presión en todos los eslabones de las cadenas productivas. La inseguridad de la oferta de materia prima implica una programación en la producción, bajo este panorama la agroindustria tiene la necesidad de implementar estrategias desde la producción primaria de plantación y eficientizar las relaciones con los productores de aprovisionamiento a largo plazo, con el fin de mejorar y asegurar la producción (Henson y Cranfield, 2013). Asimismo las empresas del sector comercializador son privilegiadas y su posición les permite conocer la oferta agrícola y tener acceso al mercado final (Pilatti, 1993), tal es el caso de las tequileras quienes establecen contratos con pequeños agaveros para asegurar la materia prima y establecer el precio.

Las relaciones entre los diferentes eslabones de la cadena productiva idealmente deberían ser simbióticas, es decir benéficas para ambos actores (agroindustria y productores).

El crecimiento acelerado de las agroindustrias presenta riesgos de equidad, sostenibilidad e inclusión. En términos de sostenibilidad en la agroindustria

deberá reunir características de ser competitivas en términos de costes, precios, eficiencia operativa, oferta de productos y otros parámetros asociados, y sólo si la remuneración que reciben los agricultores es lucrativa (Da Silva y Baker, 2013). En resumen, la agroindustria tequilera está conglomerada y sus características dificultan el acceso de productores medianos y pequeños al mercado internacional, el cual no es garantía de progreso para este tipo de productores (Massieu, 2000). Aproximadamente el 90% de la producción de tequila lo realizan las grandes empresas, para lo cual acaparan la materia prima y subcontratan empresas secundarias. Las pequeñas empresas son maquiladoras, elaboran el tequila a granel, el cual es envasado o enviado al extranjero por las empresas más grandes. Los arreglos productivos locales no han ayudado a incentivar la competencia (Monge, 2012) por el contrario han hecho que el control del sector tequilero se concentre cada vez más en unas cuantas empresas.

Este esquema de integración de la agroindustria tequilera ha polarizado a los productores del eslabón primario en agaveros que rentan sus predios y desisten de la actividad agrícola y los productores que cultivan en agave en sus propias tierras y le dan valor agregado. Ambos tipos no han podido insertarse a este modelo, lo que ha perjudicado la producción agavera porque las tequileras establecen condiciones prohibitivas en los esquemas de contrato para controlar todos los eslabones de la cadena agave-tequila.

## **CAPÍTULO IV.**

### **METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.1 Características de la zona de estudio**

El municipio de Tequila se localiza en el estado de Jalisco entre los paralelos 20° 47' y 21° 27' de latitud norte; los meridianos 103° 30' y 104° 04' de longitud oeste; tiene una altitud entre los 500 y 2900 msnm. Entre los principales climas del municipio destacan el cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo, templado subhúmedo. La temperatura oscila entre 14°C a 26°C y presenta una precipitación de 700-1100 mm anuales. Los suelos dominantes son Leptosol (36.52%), Luvisol (33.02%), Phaeozem (29.01%), Cambisol (0.51%) y Andosol (0.37%) (INEGI, 2009). Todos estos factores biofísicos hacen posible la productividad del agave en el municipio siendo el cuarto lugar de mayor producción a nivel estatal (Figura 5).

Tequila cuenta con 40,697 habitantes que representan el 0.55% de la población del estado, distribuidos en 173 localidades. La población económicamente activa es de 14,802 personas y representan el 36.3% de la población total, de los cuales 14,472 están empleados. Con respecto a la población ocupada que corresponde a 14,432 individuos, el sector primario ocupa al 22.3%, en el secundario labora el 28.63%, en el sector servicios el 31.79% y en el comercio el 17.02% principalmente (INEGI, 2010).

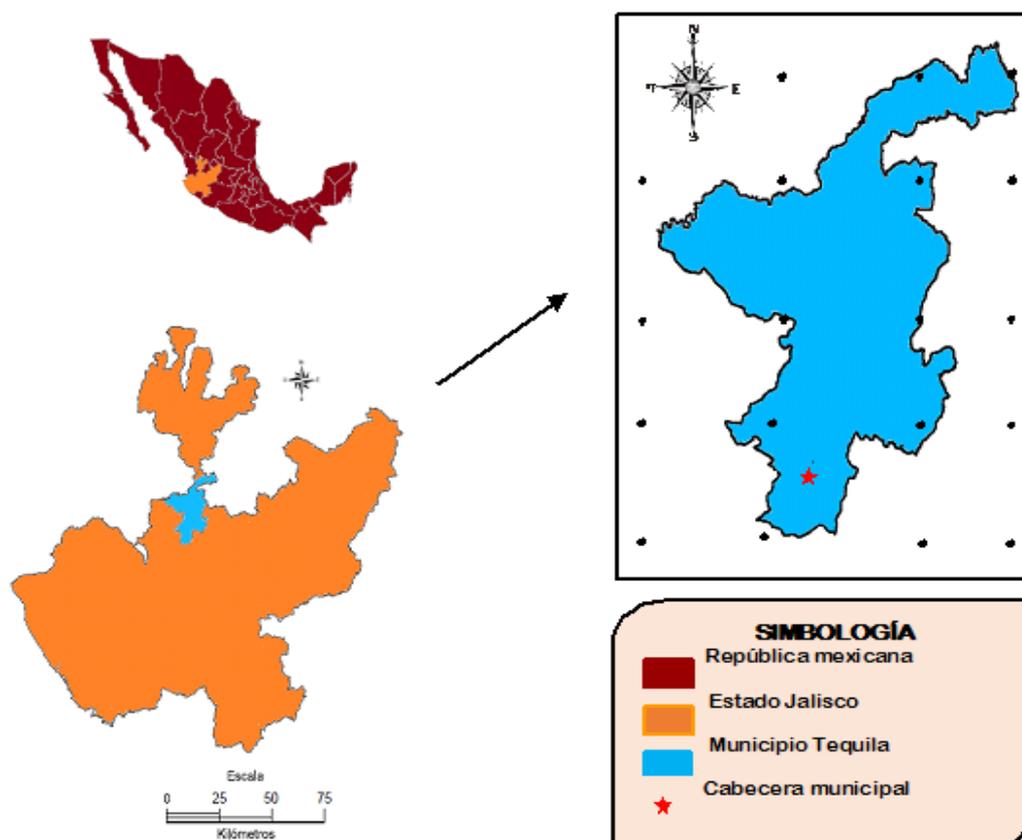
El municipio tiene 15,033 hectáreas agrícolas, en su mayoría son de temporal (14,931 ha). La superficie con pasto es considerada como improductiva, sin embargo en porcentajes importantes es utilizada en la plantación de agave (González, 2007).

La principal actividad es la fabricación del tequila; así como la elaboración de toneles, barrilitos y ánforas hechas con madera de roble y piel de cerdo. La industria tequilera es la principal fuente económica en el municipio. Las

principales localidades del municipio son: Tequila (cabecera municipal), El Salvador, San Martín de las Cañas, Santa Teresa y Potrero de los Rivera.

Las unidades de producción en el estado de Jalisco dedicadas a cultivar agave en 2007 disponían de una superficie de 210,505.69 hectáreas, de las cuales poco más de 105 mil hectáreas se destinan a la producción del agave.

Respecto al régimen de tenencia la superficie ocupada por las unidades productoras de agave está constituida principalmente por los regímenes de tenencia privada y ejidal. Por su parte en la región Valles la mayor parte de la superficie es de tipo ejidal. En tanto que 35,084.18 hectáreas (62.4%), corresponden a ejidos, 1 21, 081.63 hectáreas a propiedad privada.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5. Ubicación espacial del municipio de Tequila en el contexto estatal y nacional**

## **4.2 Método y técnicas de investigación**

El método utilizado en la presente investigación es el hipotético deductivo, este método hipotético tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias elementales de la hipótesis y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

Es indispensable que los instrumentos a utilizar sean acordes al tipo de investigación y conocer las ventajas, inconvenientes y limitaciones, para tener el rigor científico (Pascual, 2016). La técnica de investigación utilizada para la recopilación de información fue la aplicación de la encuesta y como herramienta el cuestionario, que abarcó aspectos sociales, económicos, técnicos y ecológicos sobre el manejo del cultivo del agave. Siguiendo las recomendaciones de (Fernández, 1983) de integrar tres categorías: datos que caracterizan al entrevistado (información general), datos cuya mejor o única fuente de información la constituye el entrevistado y datos que pueden obtenerse de otras fuentes y sobre los cuales se incluyen preguntas en el cuestionario con el fin de comprobarlos.

Además las preguntas contemplaron la observación y la forma de análisis de los datos estadísticos, los cuales consideran la situación de las diferentes tipos de productores con respecto a los medio de producción, por lo tanto la selección de las técnicas y el diseño dan respuesta a una perspectiva teórico metodológica (Rojas, 2013). En este sentido se aplicó la encuesta a los productores de agave que realizan el monocultivo y el policultivo.

## **4.3 Investigación de campo**

El estudio consistió en dos etapas la fase exploratoria que tiene como objetivo el reconocimiento del área de estudio, mediante la recolección y análisis información secundaria, es decir, búsqueda de información, revisión y análisis de material bibliográfico (artículos, libros, trabajos de investigación) y otro tipo de fuentes relacionadas con el sistema de producción del agroecosistema agave. Para tal

efecto se acudió a nivel regional al Consejo Regulador del Tequila y Consejo Estatal de Productores de Agave y a nivel municipal al Ayuntamiento de Tequila, departamento de Desarrollo Rural. Asimismo al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) e Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI). Posteriormente en la siguiente fase se aplicó la encuesta a los productores de agave. Y en otra etapa de la investigación se realizó el muestreo de suelos en las plantaciones agaveras

#### **4.3.1 Fase de campo. Técnicas cuantitativas**

En esta fase se aplicaron técnicas cuantitativas; las encuestas y el análisis de suelo. El instrumento que se empleo fue el cuestionario. También se realizaron entrevistas informales a agentes claves de la región agavera relacionados con los procesos sociales, económicos, ambientales y productivos del cultivo del agave.

##### **4.3.1.1 Encuesta**

Es una técnica que tiene como objetivo recopilar información sobre una parte de la población denominada muestra, por ejemplo: datos generales, opiniones, sugerencias o respuestas que se proporcionan a preguntas formuladas sobre los diversos indicadores que se pretenden explorar a través de este medio. La información recogida podrá emplearse para un análisis cuantitativo (métodos cuantitativos permiten mediciones más precisas), con el fin de identificar y conocer la magnitud de los problemas que se suponen o se conocen en forma parcial o imprecisa. También puede utilizarse para un análisis de correlación para probar hipótesis descriptivas (Rojas, 2009). Esta técnica es idónea para explorar determinados aspectos de la población, se requerirá emplear básicamente la observación o realizar entrevistas a informantes claves. También permite el análisis de indicadores cualitativos que posibilitan un examen más directo de las motivaciones, actitudes y comportamientos de los individuos.

## Tamaño de la muestra

El diseño de la muestra para la encuesta se calculó del padrón de agaveros realizado por integrantes del Consejo de Desarrollo Rural de Tequila en 2009, por lo tanto se actualizó por el personal Ayuntamiento de Tequila. El universo que compone este grupo es de 101 productores.

El tipo de muestreo fue aleatorio estratificado y la ecuación utilizada fue la varianza máxima (Gómez, 1977).

La fórmula es:

$$n = \frac{N Z^2 \alpha/2 p_n q_n}{N d^2 + Z^2 \alpha/2 p_n q_n}$$

Donde:

**N** = Tamaño de la población

**d** = Precisión

**Z<sub>α/2</sub>** = Confiabilidad. Valor de Z (distribución normal estándar)

**p<sub>n</sub>** = } Probabilidad de éxito y de fracaso  
**q<sub>n</sub>** = } Varianza

Procedimiento:

Fórmula despejada:

$$N = 101$$

$$d = 10\% (0.1)$$

$$Z_{\alpha/2} = 95\% (1.96)$$

$$p_n = 0.5\%$$

$$q_n = 0.5\%$$

1)

$$n = \frac{(101) * (1.96)^2 * (0.5) * (0.5)}{(101) * (0.1)^2 + (1.96)^2 * (0.5) * (0.5)}$$

2)

$$n = \frac{(101) * (3.84) * (0.25)}{(101) * (0.01)^2 + (3.84) * (0.25)}$$

3)

$$n = \frac{96.96}{1.01 + (3.84) * (0.25)}$$

4)

$$n = \frac{96.96}{1.01 + 0.96}$$

5)

$$n = \frac{96.96}{1.97}$$

6)

$$n = 49.21$$

Teniendo una población de 101 productores, con una confiabilidad de 95% y una precisión del 10%, el tamaño de muestra es 49.21  $\approx$  tomando en cuenta 50 productores.

### **Criterios de selección de los entrevistados y predios**

Los criterios de selección de los agaveros a entrevistar son:

- Agaveros que realicen prácticas bajo sistema de intercalado (maíz) de forma tradicional.
- Agaveros que realicen prácticas bajo sistema monocultivo con mayor tecnificación.

Las características de las parcelas son las siguientes:

- Plantaciones de *Agave tequilana* Weber var. Azul
- Plantaciones con edades de siete o más años
- Plantaciones con cultivos intercalados

#### **4.3.2 Análisis de suelo**

Para corroborar el indicador de sustentabilidad del suelo se realizó el análisis edafológico de los predios identificados y bajos los criterios expuestos a continuación:

##### Selección de plantaciones de agave

Con base a los diferentes grupos y diversos manejos del sistema que se encontraron durante en trabajo de campo y resultados de la encuesta se muestrearon los siguientes tipos de plantaciones:

1. Plantaciones monocultivo bajo esquema de contrato (aparcería)
2. Plantaciones monocultivo sin pastoreo.
3. Plantaciones policultivo con frijol Plantaciones policultivo con maíz

##### Tipo de muestreo

La muestra debe lograr una representación adecuada de la población, en la que se reproduzca de la mejor manera las características esenciales de la población u objeto de estudio, en este caso los parámetros edafológicos de las plantaciones de agave. Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas en las plantaciones, es decir ejemplificar las características de estas. Por ello se aplicó el muestreo intencional o de conveniencia o dirigido, este tipo de muestreo se caracteriza por un esfuerzo

deliberado de obtener muestras "representativas" mediante la inclusión en la muestra de grupos supuestamente típicos.

En este sentido se seleccionaron directa e intencionadamente las plantaciones de estudio, es decir de forma dirigida, en base a los grupos o plantaciones encontrados en la encuesta. Ceja *et al.* (2011) recomiendan para áreas homogéneas menores a 5 hectáreas, delimitadas por referencias visibles a lo largo y ancho de la zona y que fueran mayores de 10 ha para reducir la variabilidad natural del terreno. Por lo tanto se tomaron muestras en plantaciones de entre 3 hasta 10 hectáreas debido a los pequeños productores en promedio cuentan con 6.9 hectáreas (Herrera, 2011). En plantaciones adultas de agave se dificulta el paso de una hilera de plantas a otra, por lo que se tomarán las submuestras de suelo sobre una línea imaginaria en zigzag, es decir en una porción de 3.0 ha con 50 hileras de plantas, con una distancia de 3 m entre hileras y 1.1 m entre plantas, propuesto por Uvalle *et al.* (2007).

#### Edad de los agaves en las plantaciones

La edad de las plantas osciló entre 1 a 3 años hasta 4, debido a que en las plantaciones en donde se intercalan cultivos se realizan hasta los 4 años, después de este periodo las labores agrícolas se dificultan.

#### Profundidad de muestreo

La profundidad del suelo recomendada para la toma de la muestra fue de 30 a 60 cm (Uvalle *et al.*, 2007; Cota, 2011). Uvalle y Vélez (2007), encontraron que al momento de realizar un levantamiento de fertilidad del suelo fue suficiente con tomar muestras representativas de suelo a la profundidad de 0-30 que a 30, 60 o 90 cm. de distancia de la base de la planta de agave, según su edad ya que no encontraron diferencia significativa en las propiedades. Para el establecimiento de huertas madres es recomendable profundidades la toma de muestras entre 0-30 cm (Ceja *et al.*, 2011). En base a las recomendaciones mencionadas con antelación la profundidad del muestreo fue de 40 cm.

### Época de muestreo

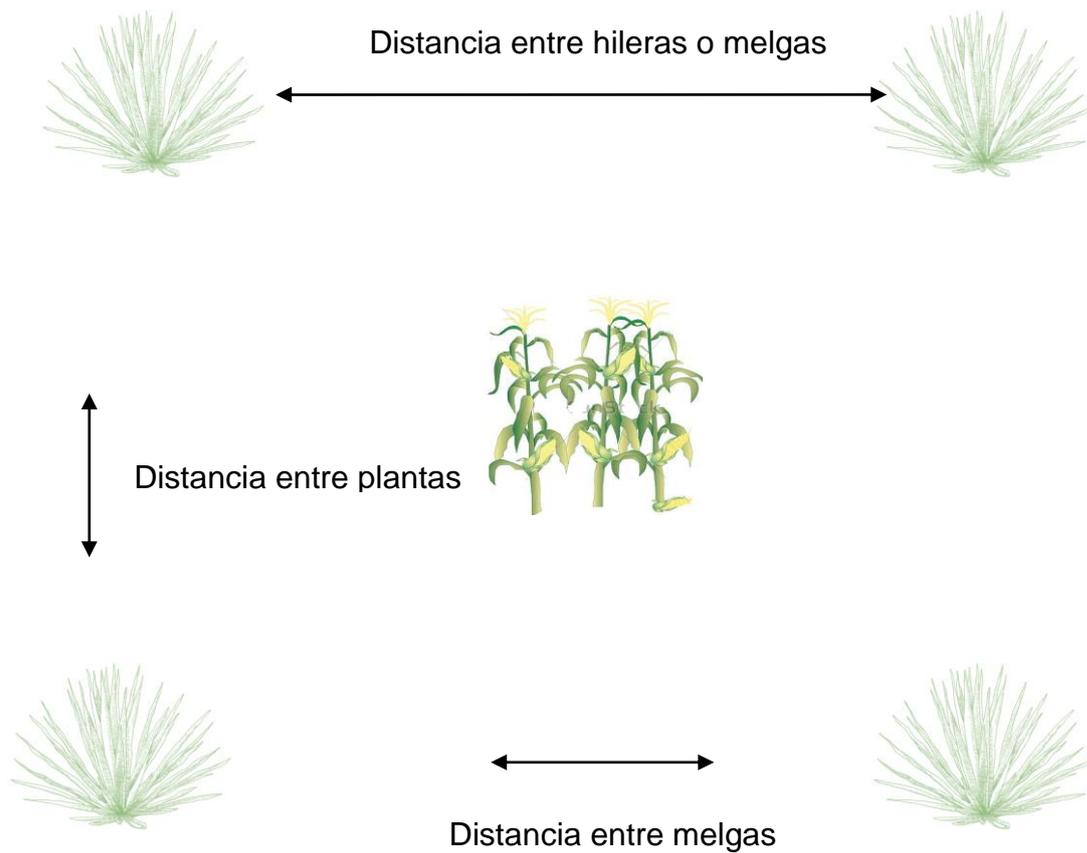
Según lo indicado por Uvalle *et al.* (2007), el período recomendable para la toma de muestras de suelo en plantaciones de agave que se ubican geográficamente dentro de la DOT, tal es el caso del municipio de Tequila, es cuando persiste clima frío y seco, es decir entre los meses de octubre a febrero. Pero puede ampliarse, hasta que la temporada de lluvias, durante los meses de marzo a junio. Valenzuela (2002), recomienda en periodos secos del año, debido a que tradicionalmente las prácticas de encalado y fertilización se realizan al año de establecida la plantación de agave y se efectúan en el período de marzo a junio. Por lo tanto se muestreo en el mes de abril que corresponde al periodo de clima seco.

### Cantidad de muestras a tomar

Se tomaron seis submuestras por hectárea, de 1 kilogramo de suelo cada una. De las cuales se obtuvieron dos muestra por tipo de plantación seleccionada, en total 8 muestras.

### Distribución de muestras en las plantaciones

Se obtuvieron 12 submuestras en cada plantación haciendo un total de dos muestras. Es decir, una muestra tomada entre las hileras o melgas y la segunda entre el espacio que existe entre planta y planta (agave). Se presenta de forma esquemática en la siguiente (Figura 6).



**Figura 6. Distribución de la toma de muestras en la plantación**

Datos de la etiqueta

1. Tipo de plantación
2. Nombre del propietario
3. Localidad/tipo de tenencia/arrendamiento
4. Ubicación del predio (coordenadas)
5. Nombre del predio
6. Edad de la plantación
7. No. de muestra
8. Fecha de muestreo
9. Profundidad
10. Superficie muestreada
11. Cultivo anterior
12. Cultivo presente
13. Cultivo intercalado/rendimiento (según sea el caso)

### **4.3.3 Técnicas cualitativas. Entrevistas**

La entrevista la definen Díaz *et al.* (2013) como “una conversación que se propone con un fin determinado distinto al simple hecho de conversar”. Es un instrumento técnico en la investigación cualitativa. Existen tres tipos de entrevista; la estructurada, la no estructurada y la grupal. En la entrevista estructurada se elaboran previamente las preguntas al informante, la entrevista no estructurada es más flexible y abierta, mientras que la grupal se aplica de forma simultánea a diversos individuos (Vargas, 2012). Se aplicó la entrevista no estructurada a informantes claves y relacionados con la investigación con el objetivo de obtener información que contribuya en el análisis de los datos obtenidos en la encuesta y comparar los resultados. Por lo tanto, se entrevistaron a 5 informantes en total, de los cuales 3 forman parte de personal del H. Ayuntamiento de Tequila, Jalisco, adscritos al Departamento de Desarrollo Rural. Además a dos funcionarios, uno perteneciente al Consejo Regulador del Tequila (CRT) y el otro al Centro de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER) de la (SAGARPA).

### **4.4 Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales (MESMIS)**

Se utilizó como herramienta evaluativa el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales (MESMIS), la cual es una herramienta de desarrollo, que sirve para diagnosticar el agroecosistema, a la vez que ofrece una guía para las actividades a implementar, con directrices claras y estandarizadas de análisis. Dado que considera el factor local como aspecto fundamental de la diagnosis, MESMIS ofrece respuestas endógenas, por esa misma razón, es un método en permanente construcción y parte del supuesto que un agroecosistema sustentable es aquel que posee los siguientes atributos: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad, autosuficiencia entre otros (Masera *et al.*, 1999).

Por ello, el MESMIS nos permite dentro de un marco sustentable evaluar dos o más diferentes manejos de agroecosistemas como es el caso de agroecosistema agave, en donde se evaluará sistemas de manejo: monocultivo y policultivo.

#### **4.4.1 Delimitación de la unidad de análisis y objeto de estudio**

La unidad de análisis en la presente investigación fueron los productores agaveros y agaveros-taberneros. Siendo los agaveros los productores que sólo cultivan en agave sin darle valor agregado en cualquier, tanto como productor independiente como arrendador. Los agaveros-taberneros son los productores que además de cultivar agave le da valor agregado a su producción en la elaboración de tequila. Dentro de los agaveros que arrendan sus tierras se dividen en aquellos que rentan únicamente sus predios y la tequilera arrendataria abastece de insumos y mano de obra y el agavero que arrenda la tierra pero la destiladora le paga mano de obra y le suministra los insumos agrícolas.

El objeto considerado será los predios de cultivo, denominados “mezcaleras”, ya que en estas se realizan las prácticas de manejo del agroecosistema del *Agave* en dos tipos de manejo del agroecosistema plantaciones con monocultivo y policultivo.

#### **4.4.2 Delimitación del agroecosistema**

El agroecosistema tradicional con monocultivo (ATM) está caracterizado por el uso del suelo dedicado al cultivo de agave (*Agave tequilana*) para venta de la piña en la producción de tequila, la mano de obra es básicamente familiar, en el caso de los productores que arrendan sus tierras la mano de obra puede ser por el productor o en su caso. Se realiza de forma tradicional o mecanizada.

El agroecosistema tecnificado con policultivo (ATP), es aquella en donde se realizan las prácticas agrícolas de tradicional y la realizan pequeños productores en donde intercalan principalmente maíz y frijol, en algunos casos se ha llegado a documentar que el agave es intercalado con cacahuate, jamaica y frutales.

#### **4.4.3 Indicadores de sustentabilidad**

Los indicadores fueron seleccionados en base al diagnóstico de la problemática actual de la cadena agave en los diferentes ámbitos y siguiendo las recomendaciones de la propuesta metodológica elaborada por Masera *et al.*

(1999) que denominaron Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporado a Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS). La evaluación se basó en la comparación de dos Agroecosistemas: agroecosistema de referencia y agroecosistema alternativo. Se consideró como agroecosistema de referencia a la producción de agave en monocultivo y el agroecosistema alternativo la producción de agave intercalado con cultivos anuales o en policultivo. El estudio fue transversal en el municipio de Tequila, Jalisco durante el periodo 2014-2015.

Se analizaron 15 Indicadores de sustentabilidad de cuatro dimensiones: social (4), económica (4) y ecológica (5) y se agrega la dimensión sociopolítica (2) que para el caso de la investigación y del cultivo es fundamental ya que es un factor crítico en el precio del agave y el establecimiento del monocultivo. Los indicadores empleados fueron seleccionados en base al diagnóstico de la problemática actual de la cadena agave (Cuadro 2). Los cuales se describen a continuación:

**Cuadro 2. Selección de criterios de diagnóstico, indicadores, métodos de medición y áreas de dimensión para evaluar la sustentabilidad de agroecosistema agave**

<i>Atributo</i>	<i>Criterio de diagnóstico</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Método de medición</i>	<i>Área o dimensión</i>
Productividad	Eficiencia	1) Índice de Prácticas Agroecológicas en <i>Agave tequilana</i> (IPAAT)	a) Número de prácticas agroecológicas de manejo del agroecosistema agave	Ecológica
	Eficiencia orgánica	2) Porcentaje de materia orgánica (M. O) en plantaciones agaveras	% de materia orgánica	Ecológica
	Eficiencia económica de cultivos	3) Relación Beneficio/Costo económica a) Costos de producción del monocultivo y policultivo b) ingresos de producción del monocultivo y policultivo	a) Relación Beneficio/Costo  Valor de ingresos/ valor de egresos R B/C por cultivo (agave y maíz) R B/C por sistema (monocultivo y policultivo)	Económica
	Rendimiento productivo	4) Rendimiento del agroecosistema agave	Índice de rendimiento por hectárea	Ecológica
Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	Diversificación agrícola del sistema	5) Índice de Diversificación Agropecuaria (IDA)	a) No. de cultivos en el sistema b) No. de cultivos en rotación c) No. de especies de ganado que contribuyen en aportar materia orgánica	Ecológica
Adaptabilidad	Capacidad de adaptación bajo presión de la oscilación de precios	6) Índice de Adaptación y Alternativas (IAA)	Decisiones de los productores ante crisis de precios 1) Intercalar cultivos 2) Valor agregado (elaboración de tequila) 3) Sembrar de otro cultivo	Socioeconómica

<b>Atributo</b>	<b>Criterio de diagnóstico</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Método de medición</b>	<b>Área o dimensión</b>
	Riesgo de persistencia	7) Riesgo de relevo intergeneracional	No. de productores con hijos que continuarán con actividades agaveras	Social
	Participación familiar	8) Participación familiar en las labores agrícolas	No de personas o miembros de la familia que contribuyen en las labores agrícolas del agave	Social
Equidad	Conocimiento del productor	9) Índice de Conocimiento del Agroecosistema (ICA)	Experiencia del productor a) Edad del productor b) No. años cultivando agave a) Edad promedio del agavero b) Promedio de años cultivando su propio agave	Social
	Grado de control del proceso	10) No restricciones en el manejo de cultivo por arrendamiento	a) Productores bajo algún tipo de arrendamiento en monocultivo y policultivo b) Productores que se le limita realizar actividades en sus parcelas (intercalar y pastorear).	Política
Autogestión	Eficiencia de ocupación de los terrenos	11) Índice de Ocupación del Terreno (mezcaleras) IOT	a) Meses de ocupación de cultivos intercalados b) Meses de ocupación del monocultivo	Ecológica
	Dependencia de asistencia técnica	12) No dependencia de asistencia técnica	Asistencia y asesoría técnica a) Productores que no reciben asesoría técnica b) Instituciones que dan asistencia técnica	Socioeconómica
	Grado de autogestión del proceso productivo	13) Formas de organización de productores	a) No. productores organizados b) Tipo de organizaciones	Social
	Fuentes y condiciones del financiamiento	14) Dependencia del capital para producir	a) No. de productores que financian sus plantaciones b) Instituciones de financiamiento	Institucional
	Dependencia de agroquímicos	15) No dependencia de agroquímicos	No. de productores que: a) Elaboran insumos orgánicos b) Pastorea ganado c) Control manual de arvenses	Socioeconómica

Fuente: Elaboración propia a partir de indicadores de sustentabilidad

#### 4.4.3.1 Descripción de los indicadores de sustentabilidad

**1) Índice de Prácticas Agroecológicas en *Agave tequilana* (IPAAT).** Se obtuvo a partir de identificar el número de prácticas agroecológicas de manejo del agroecosistema agave: 1) Intercalado de cultivos (policultivo), 2) Incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado, 3) Plantación de agave en curvas a nivel, 4) Obras de conservación de suelo y agua, 5) Rotación de cultivos, 6) Descanso de tierras, 7) Escalonado del cultivo del agave y, 8) Disminución de la aplicación de herbicidas.

**2) Porcentaje de Materia Orgánica (MO) en plantaciones agaveras.** El óptimo se basó en el valor de referencia: Suficiente (Cuadro 3), propuesto en la metodología del Diagnóstico Diferencial Integrado (DDI) por Uvalle *et al.* (2007).

**Cuadro 3. Porcentaje de materia orgánica en plantaciones agaveras**

Valor	% de MO
Deficiente	Menor que 0.65
Bajo	0.65-1.290
Medianamente bajo	1.291-2.132
Suficiente	2.133-3.024
Medianamente alto	3.025-3.636
Alto	3.637-5.158
Excesivo	Mayor a 5.158

Fuente: Parámetros del % materia orgánica, Uvalle *et al.*, 2007.

**3) Relación Beneficio/Costo.** La Relación Beneficio/Costo se obtuvo mediante el cálculo de: a) los costos de producción de agave en monocultivo y de los cultivos intercalados (maíz, frijol y cacahuate) en policultivo, y b) Ingresos brutos de producción del agave en monocultivo y de agave en policultivo.

**4) Rendimiento del agroecosistema agave.** La productividad por ha<sup>-1</sup> se obtuvo: a) En el monocultivo, multiplicando el número de plantas por hectáreas por el peso promedio de las piñas de agave, y b) En el policultivo se sumó la producción de agave a la producción de los cultivos intercalados como el maíz, frijol y cacahuate (durante el periodo de 4 años del total del ciclo). El rendimiento óptimo de referencia de agave es de 140 toneladas con una densidad de plantas de 4000 agaves ha<sup>-1</sup> (SAGARPA-INIFAP, 2015).

**5) Índice de Diversificación Agropecuaria (IDA).** Este índice considera a todas las especies agrícolas y ganaderas que conviven en un predio en un determinado tiempo. Entre mayor diversificación de cultivos y ganado en el predio puede generar más productos e ingresos. Los parámetros obtenidos son: a) Número de cultivos en el sistema; b) Número de cultivos en rotación y c) Número de especies de ganado que contribuyen en aportar materia orgánica. La fórmula es la siguiente:

$$IDA = \frac{\sum \text{número de cultivos y especies pecuarias}}{\sum \text{número de cultivos y especies pecuarias máximo}} \times 100$$

**6) Índice de Adaptación y Alternativas (IAA).** Con el IAA se identificaron las alternativas de los productores ante los altibajos de los precios del agave, es decir los medios de adaptación, siendo: a) Intercalar cultivos; b) Valor agregado a la producción a través de la elaboración de tequila (propietarios de taberna) y c) Sembrar otro cultivo. Se asignaron valores porcentuales dependiendo del número de alternativas (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Valores del Índice de Adaptación y Alternativas (IAA)**

Número de alternativas	Valor
Tres alternativas	100%
Dos alternativas	80%
Una alternativa	50%
Ninguna	0%

**7) Riesgo de relevo intergeneracional.** En este indicador se midió el porcentaje de productores con hijos que continuarán con la producción de agave en sus predios.

**8) Participación familiar en las labores agrícolas.** Se midió el número de miembros de la familia que participan en las labores agrícolas del agave.

**9) Índice de Conocimiento del Agroecosistema (ICA).** El ICA integra la experiencia del productor en el cultivo del agave e intercalando cultivos. Las variables son: a) Edad promedio del productor y b) Número de años cultivando su propio agave. La fórmula fue:

$$ICA = \left( \frac{ACP}{EA} \right) / \left( \frac{ACP \text{ max}}{EA \text{ max}} \right) \times 100$$

Donde:

EA= Edad promedio del agavero

ACP=Años cultivando su propio agave

ACP máx.= Años cultivando su propia agave máximo

EA máx.= Edad promedio del agavero máximo

**10) No restricciones en el manejo de cultivo por arrendamiento.** Las tres principales modalidades de contrato agrícola identificadas en el municipio de Tequila fueron: 1) Arrendamiento, 2) Aparcería y 3) Mediería. Por lo tanto para su medición se consideraron: a) Productores en condiciones de contrato y b) Productores bajo condiciones limitativas de intercalar y pastorear.

**11) Índice de Ocupación del Terreno (mezcaleras) IOT.** Dicho índice se calculó con la división de: a) los meses de ocupación de los terrenos por cultivos intercalados entre b) los meses de ocupación de monocultivos, para determinar cuál manejo es más ventajoso respecto al uso o aprovechamiento de la tierra respecto al tiempo y a los recursos financieros e insumos agrícolas. La fórmula es:

$$\text{OIT} = \frac{\sum \text{meses de ocupación de cultivos intercalados}}{\sum \text{meses de ocupación en monocultivo}} \times 100$$

**12) No dependencia de la asistencia técnica.** La capacitación, asesoría y asistencia técnica es indispensable para el eficiente control y manejo de las plantaciones. Este indicador tiene 3 categorías: a) Productores sin asesoría técnica, b) Instituciones que proporcionan asistencia técnica y c) Número de técnicos prestadores de servicios.

**13) Formas de organización de productores.** El indicador consideró dos aspectos: a) Número de productores pertenecientes a una organización y b) Tipo de organización.

**14) Dependencia del capital para producir.** El indicador considera: a) Número de productores que financian sus plantaciones, y b) Instituciones de financiamiento.

**15) No dependencia de agroquímicos.** En este índice se incluyeron tres labores culturales que reducen o eliminan la dependencia de agroquímicos como fertilizantes y pesticidas: a) Control manual de arvenses b) Pastoreo libre de animales entre el agave y c) Elaboración de insumos orgánicos.

#### 4.5 Técnicas para el análisis de la información

Los datos obtenidos se analizaron en el programa Statistical Package for Social Science (SPSS) versión 22 y Microsoft® Excel. Para medir y comparar las características de los dos sistemas de manejo: Agroecosistema con Monocultivo y Agroecosistema con Policultivo.

Se realizaron medidas de tendencia central que indican alrededor de qué valores se agrupan los datos observados. Estas medidas fueron: Media aritmética ( $\bar{x}$ ) es la más usada de las medidas descriptivas, la media define la distribución de las frecuencias y la Mediana (Me), la cual es el número central de un conjunto de números, ordenados de menor a mayor, el valor de la Me divide a los datos en mitades (Said y Zarate, 2012).

Y medidas de dispersión que indican si los valores de la variable están muy dispersos o se concentran alrededor de la medida de centralización, se utilizó el Rango, siendo la diferencia entre el valor máximo y el mínimo observado (Said y Zarate, 2012).

Además se realizaron pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas. Las pruebas paramétricas consistieron en: Prueba T de *Student* utilizada para datos relacionados de muestras dependientes, su objetivo fue detectar la existencia de diferencias significativas entre las medias de una determinada variable cuantitativa en dos grupos de datos.

Y las pruebas no paramétricas fueron; U Mann-Whitney para dos muestras independientes que compara las diferencias entre dos medianas, esta prueba se emplea cuando los datos no siguen la distribución normal; se realizaron tablas de contingencia para comparar frecuencias y el Coeficiente de Correlación de Pearson, el cual midió el grado de relación de dos variables cuantitativas.

## CAPÍTULO V. RESULTADOS

### 5.1 Descripción de los productores agaveros encuestados

Se entrevistaron un total de 50 productores de agave, siendo los principales actores en el manejo del sistema agave. Los resultados de la investigación arrojaron que el 50% de los productores realizan el sistema de producción de agave bajo, es decir intercalan con otros cultivos principalmente de autoconsumo y la otra mitad el monocultivo, sólo tienen plantado *Agave tequilana* Weber var. Azul, lo que nos permitió hacer una comparación de los dos manejos de sistemas y determinar el grado de sustentabilidad.

En su gran mayoría se entrevistaron a hombres, y sólo el 8% corresponden a mujeres productoras de agave. Las labores agrícolas del agave no son exclusivas de los hombres, sin embargo las mujeres participan muy poco, las entrevistadas indicaron rentar sus terrenos, sin embargo cuentan con el conocimiento sobre las prácticas agronómicas y costos de producción. Respecto a la edad, el promedio es de 57.38 años con un rango de edad máxima de 80 y la mínima de 25 años, no hay diferencia significativa ( $t=.312$ ;  $p= 0.756$ ) entre productores del sistema de manejo de monocultivo y policultivo, la edad promedio es de 58 y 56.7 años respectivamente. Ello indica que son productores en edad adulta. En 2002, la edad promedio del campesinado era de 52 años y actualmente la media de los ejidatarios y pequeños propietarios es de 65 años (Hernández, 2014). De acuerdo a la Procuraduría Agraria poco más del 50% del grupo de ejidatarios es mayor de 50 años y el 22% tienen entre 40 y 50 años (López, 2006). Lo que significa existe una similitud con la edad de los productores entrevistados.

El 76% de los entrevistados están casados. Referente a la escolaridad, en total 31 productores (62%) sólo cursó la primaria, el 6% no cuenta con ningún tipo de estudio, el 14% terminó la secundaria e igual porcentaje se presenta los productores que concluyeron sus estudios de preparatoria y sólo el 4% tiene una formación superior. Los productores en general cuentan con un nivel de estudio mínimo de educación básica (primaria).

## 5.2 Características de los predios

Los productores cuentan en promedio con 1.74\* predios, estos oscilan de 1 a 4, más de la mitad posee un sólo predio, otro 20% cuenta con 2 predios y el 18% 3 predios, en menor porcentaje productores con el 6% que corresponde a 3 productores con 4 predios, es decir son pequeños productores, los cuales en algunos casos han optado por el arrendamiento. El total de predios por productor en los dos manejos de sistemas no hubo diferencia significativa entre ambos, de acuerdo con una prueba de t ( $t=1.329$ ;  $p= 0.190$ )

El promedio de superficie es de 5.49\* hectáreas por productor. Con una variación de 1.0 a 16.0 hectáreas por productor. La superficie por tipo de manejo en promedio en monocultivo es de 6.3 y en policultivo 4.68 hectáreas por productor, con una diferencia de 1.62 hectáreas entre ambos, se aplicó una prueba de t ( $t=1.359$ ;  $p= 0.182$ ) y no se encontró diferencia significativa, aunque los productores que realizan el monocultivo poseen mayor extensión.

## 5.3 Tenencia de la tierra

Tequila cuenta con 15 ejidos con un total de 890 ejidatarios de los cuales 760 son hombre y 130 mujeres, dato importante pues las mujeres ejidatarias entrevistadas rentan sus predios o tienen contratos informales con pequeñas fábricas o tabernas. El total de superficie ejidal en el municipio es de 18,175.75 hectáreas de las cuales el 28.50% están parceladas y el 70.69% no parcelada y de uso común representa el 69.56% (Censo Ejidal, 2007). Respecto, a la tenencia de la tierra no hubo diferencia significativa ( $t= -.620$ ;  $p= 0.538$ ). En general el 72% son ejidatarios y el 28% pertenecen a la propiedad privada. Aunque cabe señalar que González (2007) indica que la tenencia de la tierra en su mayoría corresponde a la propiedad privada, con grandes extensiones que en la actualidad son propiedad de las empresas tequileras.

Al respecto la misma referencia (Censo ejidal *op cit*) reporta para México 3.7 millones de unidades de producción agrícola (UPA), de las cuales el 72.6% de estas tienen menos de 5 hectáreas, es decir minifundio, como es el caso de los

productores que realizan el policultivo. Las características de este estrato (que representa a 82%) de productores minifundistas principalmente su producción está destinado al autoconsumo, en su mayoría tienen tierras de temporal. Este tipo de productores mantiene una mayor especialización práctica en cultivos básicos tradicionales asociados al autoconsumo, como el maíz y el frijol, principalmente (Villa Issa, 2011). Por su parte Llamas (1999) señala el reparto de terrenos durante el Estado posrevolucionario las haciendas de la región de Tequila se encontraban casi en su totalidad cultivados de agave, por lo que afectó la agroindustria tequilera sufriendo una fuerte caída en las plantaciones de agave, dejando fuera de la producción de agave grandes extensiones del cultivo. Para los nuevos ejidatarios resultó incosteable el cultivo y se dedicaron al cultivo de granos básicos que podían ser utilizados en forma de autoconsumo. Sin embargo los ejidatarios encuestados actualmente son los que más rentan sus predios a tequileras y realizan el monocultivo.

## **5.4 Tipología de los suelos**

### **5.4.1 Coloración**

Los agaves prefieren suelos de textura media; suelos francos, franco-arenosos o franco-arcillosos. El agave tequilero no debe plantarse en suelos arenosos, arcillosos (barrosos), grises, negros, salinos, muy delgados, con mantos freáticos poco profundos; con tepetates superficiales.

En las plantaciones del área de estudio los agaves se cultivan principalmente en suelos rojizos (arcillosos) 50%, siendo estos propios para el cultivo, el 14% son negros (barrosos) y el 12% son grises, cafés y pardos. Esta tipología concuerda con lo encontrado en los predios de los agaveros encuestados y el más representativo son los rojizos, principalmente en el sistema de manejo de policultivos.

### **5.4.2 Pendiente**

La topografía es un factor importante, la pendiente se relaciona con la morfología y dinámica de todas las formas del relieve; constituye un factor que favorece la delimitación de los procesos y los tipos de formas que se encuentran en el terreno (Oropeza, 2010). En la región de Tequila el rango de variación es de 0 a 70%. Cuando la pendiente es 0 la estructura tipológica es cultivo asociado con maíz principalmente y en ocasiones con cacahuate. Los cultivos con pendientes de 70% presenta las estructura de cultivo de agave asociado con pastos (Granados, 1993).

En el establecimiento de plantaciones de huertas madre estas son favorecidas con topografía plana con pendiente menor al 2% a ligeramente ondulados entre 2% y 5%, con profundidad mínima del suelo de 90 cm (Rendón y García, 2011). Los agaves requieren suelos con drenaje de bueno a excelente, de ahí que no es conveniente cultivar agave en terrenos con pendiente inferior a 2%. Medida que evitaría que el agave desplace de manera significativa otros cultivos que ocupan las tierras de primera calidad en las diversas regiones agrícolas de las zonas de denominación de origen (Ruiz, 2007). Se debe evitar laderas pedregosas muy pronunciadas, a menos que el agave se utilice como sistema de recuperación de los suelos plantados en curvas a nivel.

El 28% de los predios presentan pendientes moderados y sin pendientes 34% (planos) y el 22% pendientes ligeras. Es decir los productores cultivan principalmente en terrenos planos.

### **5.5 Estructura del agroecosistema agave**

El agroecosistema agave se caracteriza por realizar dos tipos de manejo, aunque básicamente se realiza en cultivo del agave, existe en menor proporción productores que asocian cultivos principalmente con maíz y frijol, algunos cuentan con árboles frutales, como mango y ciruela. Las prácticas agrícolas difieren después de la plantación ya que los agaveros que intercalan cultivos realizan mayores labores.

Las prácticas agrícolas previas a la plantación son: subsoleo, siendo este una labor no muy común, posteriormente se realiza el arado y rastreo. El rastreo es la segunda práctica después del arado, se realiza cuando los suelos se encuentran en nivel medio de compactación. La plantación es una práctica meramente manual, respecto a los hijuelos estos son principalmente seleccionados por los productores o en su caso se compran. La densidad promedio de plantas es de 3,000 agaves por hectárea.

Concerniente a las labores de poda o denominadas “barbeo” estas se dividen en tres tipos; 1) De sanidad para prevenir plagas; 2) De escobeta que acelera la madurez y 3) De cacheteo empleado para facilitar labores entre surcos como la fertilización, esta práctica es debatida por la bimodalidad que presenta de beneficios y perjuicios en las plantaciones.

En el mantenimiento, fertilización y control de plagas y enfermedades es de forma manual, ocasionalmente se contrata personal y puede ser orgánicos (pastoreo) y químico siendo este el de mayor uso. Por último en el proceso de la cosecha, es decir la jima, se realiza de forma manual, en el cual se contratan cuadrillas de jimadores y en algunos casos se paga el transporte de las piñas a las destiladoras.

Hay dos tipos de productores: los que sólo se dedican al cultivo del agave y los que aunado a ello les dan valor agregado (elaboración de tequila), así mismo existe una heterogeneidad en el tipo de productor ya que algunos arrendan sus tierras y este se subdividen en 1) Productores arrendadores, los cuales sólo renta sus predios para el cultivo del agave y 2) Productores arrendatarios que aparte de ceder sus bienes en alquiler, la destiladora los contrata como mano, en ambos casos la tequilera les proporciona insumos agrícolas y restringe el policultivo.

## CAPÍTULO VI.

### PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS EN *Agave tequilana* Weber, BAJO DOS SISTEMAS DE CULTIVO EN TEQUILA, JALISCO

#### AGROECOLOGICAL PRACTICES IN *Agave tequilana* Weber UNDER TWO AGRICULTURAL SYSTEMS IN TEQUILA, JALISCO

#### RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue comparar dos formas de manejo del agrosistema para la producción de *Agave tequilana* Weber var. Azul, en el municipio de Tequila, Jalisco con base en las prácticas agroecológicas realizadas por los productores en el Agrosistema Tradicional con Policultivo (ATP) y en el Agrosistema Convencional con Monocultivo (ACM). Se aplicó una encuesta a 25 productores del ATP y a 25 productores del ACM en 2015. Ocho prácticas del cultivo fueron consideradas: 1) Intercalado de cultivos (policultivo), 2) Incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado, 3) Plantación de agave en curvas a nivel, 4) Obras de conservación de suelo y agua, 5) Rotación de cultivos, 6) Descanso de tierras, 7) Escalonado del cultivo del agave y 8) Disminución de la aplicación de herbicidas. Los resultados muestran que los productores realizan más prácticas agroecológicas en el ATP que en el ACM. Las prácticas de intercalado de cultivos y rotación de cultivos fueron las prácticas que tuvieron diferencias más significativas entre el ATP y el ACM. Se generó el Índice de Prácticas Agroecológicas en *Agave tequilana* (IPAAT) con el número de prácticas agroecológicas. La mayor parte de los ACM (60%) se clasificaron con un nivel medio (3 a 4 prácticas agroecológicas) y la mayoría de los ATP (72%) alcanzaron una clasificación de alto o muy alto (5 a 7 prácticas). La conclusión es que el ATP tiende a ser más sustentable que el ACM porque tiene un IPAAT mayor.

**Palabras clave:** *Agave tequilana*, agrosistema, manejo agroecológico, monocultivo, policultivo.

## ABSTRACT

The objective of this research was to compare two ways of agrosystem management for production of *Agave tequilana* Weber var. Azul in the Municipality of Tequila, Jalisco at the basis on agroecological practices made by producers under the Traditional Agrosystem with Polycropping (ATP) and under the Conventional Agrosystem with Monocropping (ACM). A survey was applied to 25 ATP producers and 25 ACM producers in 2015. Eight cropping practices were considered: 1) Intercropping (polycropping), 2) Addition of organic matter to soils through pasturing, 3) Agave plantation in contour levels, 4) Soil and water conservation practices, 5) Crop rotation, 6) Land rest, 7) Staggered cropping of agave, and 8) Reduction of agrochemicals for weed control. The results show that producers made more agroecological practices in ATP than in ACM. Practices of intercropping and crop rotation have the highest significant differences between ATP and ACM. An Index of Agroecological Practices in *Agave tequilana* (IPAAT) based on the number of agroecological practices. Most of ACM (60%) were classified at medium level (3 to 4 agroecological practices) and most of ATP (72%) were classified at high or very high level (5 to 7 practices). The conclusion is that ATP tend to be more sustainable than ACM because they have a higher IPAAT.

**Index words:** *Agave tequilana*, agroecological management, agrosystem, monocropping, polycropping.

## INTRODUCCIÓN

El sistema agrícola dominante en el paisaje agavero del municipio de Tequila es el monocultivo de *Agave tequilana* Weber var. Azul, que se caracteriza por un alto grado de intensificación de prácticas de cultivo, extensas superficies cubiertas por agave, alteración de diversos ecosistemas, efectos negativos en la biodiversidad e incertidumbre en la comercialización de la bebida “tequila” (Valenzuela, 2003; Carrillo, 2007; Suárez, 2011; Hernández, 2014). En la zona de origen de la cuenca baja del río Ayuquila y en la región alteña es característico el sistema de monocultivo de agave Azul (Gerritsen *et al.*, 2011). En la región sur del estado, Zizumbo *et al.* (2013) reportan que la expansión de monocultivo de agave generó

erosión del suelo, contaminación, desplazamiento de cultivos alimentarios tradicionales y variedades locales, que amenaza la biodiversidad agrícola en la zona centro-oeste y sur del estado (Vargas *et al.*, 2007) y daña al cultivo por la presencia de problemas fitopatológicos debido al ciclo biológico largo (Santacruz *et al.*, 2008). Este esquema de producción acentúa la vulnerabilidad económica y ecológica en una extensa zona geográfica (Valenzuela *et al.*, 2009).

En la región de Tequila, Jalisco se realizan dos formas de manejo del sistema agrícola agave (Granados, 1993 y Ceja *et al.*, 2011), estas son: a) Agrosistema Convencional con Monocultivo (ACM) caracterizado por el uso del suelo dedicado exclusivamente al cultivo *Agave tequilana* para venta de la piña en la producción de tequila, terrenos mayormente planos y uso mecanizado, mano de obra mixta (familiar y contratada), esta última a cargo principalmente de las tequileras y b) Agrosistema Tradicional con Policultivo (ATP) en el los productores realizan prácticas agrícolas tradicionales que intercalan principalmente maíz y frijol. Se ha documentado que el agave es intercalado con cacahuate, jamaica y frutales (Herrera *et al.*, 2013). Las prácticas agrícolas difieren después de la plantación ya que los agaveros que intercalan cultivos realizan un número mayor de labores, pero obtienen mayor productividad al diversificar.

Las principales desventajas que presentan los monocultivos (ACM) son: la vulnerabilidad alta de sistemas ecológicamente artificiales y genéticamente homogéneos al cambio climático, resiliencia baja a eventos climáticos extremos y susceptibilidad a plagas, carecen de biodiversidad y suelo biológicamente activo, ineficiente reciclaje de nutrientes y dependencia a insumos externos (Altieri y Nicholls, 2000; Altieri y Nicholls, 2004; Sevilla y Soler 2010; Altieri y Toledo, 2011; Gliessman, 2013;) y un alto empleo de agroquímicos (Turrent *et al.*, 2012). Las repercusiones ambientales negativas identificadas de ACM sobre todo en cultivos industriales, son: contaminación, agotamiento de fuentes de agua, incidencia en la desertificación de suelos y deforestación. También se reportan consecuencias sociales negativas cuando el monocultivo es fomentado por empresas agroindustriales, teniendo como resultado el despojo del control de la tierra y reorganización de territorios de manera funcional a la acumulación de capital de grupos sociales más poderosos (Emanuelli y Monsalve, 2009).

El incremento de la demanda nacional del tequila ha propiciado en los últimos años que la superficie del cultivo del agave se haya incrementado significativamente e intensificado por unidad mediante la modernización de la tecnología. Ambos tipos de manejo (ACM y ATP) se realizan con bajas densidades de plantas de agave, obteniéndose rendimientos entre 2 500 a 3 500 t ha<sup>-1</sup>. Investigaciones de Martínez *et al.* (2007) han demostrado algunas de las consecuencias negativas de la intensificación y ampliación del cultivo del agave, tales como: vulnerabilidad a enfermedades, uso irracional de pesticidas e insecticidas e incremento de la erosión.

Por otra parte, González (2011) indica que grandes superficies de cultivos de agave se han deteriorado y abandonado de forma intencional con el objetivo de inducir un cambio de cultivo, principalmente al maíz. Por lo tanto es recomendable evitar el monocultivo y privilegiar la pluriactividad productiva en el agave, es decir, la diversificación de actividades como la ganadería, turismo, introducción de especies de agaves nativas y cultivos intercalados. La diversidad de actividades puede contribuir a mejorar los ingresos y la disponibilidad de alimentos de los productores y sus familias del municipio de Tequila y minimizar la dependencia del cultivo de agave Azul.

En ese mismo sentido, Armbrecht (2009) señala que los cultivos intercalados se caracterizan por: la diversificación productiva, el uso de tecnologías ecológicas, mayores rendimientos, reducción del daño por plagas y maleza y mejorar la eficiencia del uso de agua, energía, luz y nutrientes porque las diferentes especies de plantas se ubican en diferentes alturas, doseles y necesidades. Por ejemplo, cuando el policultivo incluye cultivos perennes y anuales tienen ventaja ante nutrientes limitados, debido a que los minerales perdidos por el cultivo anual son absorbidos por los perennes (Altieri, 1999), como es el caso del cultivo de agave intercalado con maíz. Los policultivos que se presentan como sistemas de producción más beneficiosos en términos de eficiencia edáfica, por lo cual ha crecido su adopción (Yahuza, 2011).

Las prácticas agroecológicas como los policultivos, las rotaciones, los cultivos de cobertura, el mantenimiento de la vegetación de los márgenes, la fertilización

orgánica y los laboreos superficiales se asocian con el incremento de la biodiversidad (Sans, 2007). De esta manera, los policultivos presentan mejores condiciones, los agaveros tequilenses intercalan el agave con otros cultivos como maíz, frijol, calabaza, cacahuete, frutales, principalmente, además garbanzo y sorgo (Blomberg, 2000; Valenzuela, 2003; Gómez, 2012).

Con base en lo anterior, se estudió el sistema de producción de *Agave tequilana* bajo un enfoque agroecológico que posibilita un acercamiento al análisis de la sustentabilidad de los agroecosistemas. Bajo estas premisas, se identificaron ocho prácticas que pueden calificarse como agroecológicas tales como: 1) Intercalado de cultivos (policultivo), 2) Incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado, 3) Plantación de agave en curvas a nivel, 4) Obras de conservación de suelo y agua, 5) Rotación de cultivos 6) Descanso de tierras, 7) Escalonado del cultivo del agave y 8) Disminución de la aplicación de herbicidas. Se asume que la realización de un mayor número de prácticas de este tipo fortalece la sustentabilidad del agroecosistema. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue comparar las formas de manejo del sistema agrícola de agave: el Agroecosistema Tradicional con Policultivo (ATP) de lomeríos y zonas planas y el Agroecosistema Convencional con Monocultivo (ACM) de laderas y predios sin pendiente para identificar las prácticas agroecológicas tendientes a la sustentabilidad, así como conocer la percepción de los productores respecto al manejo ecológico en las plantaciones agaveras, es decir, las razones y valoración de estas prácticas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Área de estudio**

El estudio se realizó en el municipio de Tequila localizado en el estado de Jalisco, México. Tiene una altitud entre los 500 y 2 900 msnm y los principales climas son: cálido subhúmedo y semicálido, la temperatura oscila entre 14 y 26 °C, con una precipitación de 700-1,100 mm anuales y suelos dominantes Leptosol y Luvisol. Los factores biofísicos hacen posible la productividad del agave en el municipio siendo el tercer lugar de mayor producción a nivel estatal, con un total de 4 720 ha de agave en el año 2015.

## **Técnicas de investigación**

Se aplicó una encuesta a los agaveros del municipio de Tequila. La selección de los productores se basó en los siguientes criterios: a) Realizan prácticas bajo sistema de intercalado de cultivos de forma tradicional, y b) Realizan prácticas bajo sistema monocultivo tradicional y convencional. Las características de los predios fueron: a) Plantación de *Agave tequilana* Weber var. Azul, b) Plantas con edades de más de un año de plantación, c) Plantaciones con cultivos asociados, y d) Plantaciones en monocultivo. De una población de 101 productores de agave en el municipio de Tequila, se calculó el tamaño de muestra con una confiabilidad de 95 % y una precisión del 10 %, resultando  $49.21 \approx 50$  productores. La muestra se distribuyó en 25 agaveros que practicaban el ATP y 25 el ACM. Los datos obtenidos se analizaron en el programa Statistical Package for Social Science (SPSS). Se realizaron pruebas estadísticas paramétricas (Prueba T de *Student* para datos relacionados de muestras dependientes) y no paramétricas (U Mann-Whitney para dos muestras independientes, tablas de contingencia y Coeficiente de Correlación) para medir y comparar las prácticas realizadas en las plantaciones por los productores en dos formas de manejo: Agrosistema Convencional con Monocultivo (ACM) y Agrosistema Tradicional con Policultivo (ATP).

## **Indicadores y prácticas agroecológicas**

Se emplearon los indicadores de prácticas agroecológicas de acuerdo con Reijntjes *et al.* (1992), que proponen cinco principios ecológicos para el diseño y el manejo de agroecosistemas sustentables: 1) Asegurar condiciones edáficas principalmente aportación de materia orgánica, 2) Optimizar y equilibrar la disponibilidad y el flujo de nutrientes, especialmente mediante la fijación de nitrógeno, y el uso complementario de fertilizantes externos, 3) Reducir al mínimo las pérdidas a través de prácticas con conservación de suelo y agua, 4) optimizar el control de plagas y enfermedades, y 5) sinergia de uso de recursos genéticos, combinación en sistemas agrícolas integrados con un alto grado de diversidad funcional. Moreno (2010) propone algo más específico que es un Índice de Manejo Agronómico (IMA) integrado por cinco indicadores: 1) Número de

prácticas que permiten la diversificación de especies, 2) Cantidad de materia orgánica en el suelo, 3) Número de prácticas que aprovisionan condiciones edáficas óptimas, 4) Tipo de manejo de control de plagas y enfermedades, y 5) Tipo de control de maleza. Estos suponen que entre mayor sea el valor el ecosistema tiende a ser más sustentable, dado que las prácticas que se utilizan son compatibles con el medio ambiente, son más accesibles económicamente, socialmente se ve favorecido porque las prácticas involucran en mayor medida al productor con el agroecosistema.

Basado en las propuestas metodológicas anteriores, en el presente estudio se consideraron ocho prácticas agroecológicas: 1) Intercalado de cultivos (policultivo), 2) Incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado, 3) Plantación de agave en curvas a nivel, 4) Obras de conservación de suelo y agua, 5) Rotación de cultivos, 6) Descanso de tierras, 7) Escalonado del cultivo del agave, y 8) Disminución de la aplicación de herbicidas. Se generó un Índice de Prácticas Agroecológicas en *Agave tequilana* (IPAAT) basado en el número de prácticas aplicadas por los productores a sus plantaciones de agave. Los valores del IPAAT fueron los siguientes: **Nulo** = 0 prácticas, **Bajo** = 1-2 prácticas, **Medio** = 3-4 prácticas, **Alto** = 5 prácticas, **Muy Alto** = 6-7 prácticas y **Excelente** = 8 prácticas. También se incluyó en la encuesta la percepción de los productores sobre las razones y beneficios de realizar prácticas agroecológicas en las plantaciones de agave.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de predios por productor agavero oscila entre uno y cuatro, en promedio 1.74. La media de predios por productor en el ATP es de 1.56 y en el ACM 1.92 y en superficie es de 6.3 hectáreas en ACM y 4.68 en ATP, diferencia de 1.62 hectáreas, se aplicó una prueba de t ( $t=1.359$ ;  $p=.182$ ) y no se encontró diferencia efecto significativo, aunque los productores del ACM poseen mayor extensión. Respecto al número de predios por productor que se destina al intercalado la media es de 1.5, y la superficie de intercalado por ha cultivada fluctúa entre 0.25 hasta 0.50, se siembra maíz y frijol principalmente, además cacahuete y frutales.

La superficie y número de predios muestra que son pequeñas unidades y productores de baja escala productiva para el cultivo de *Agave tequilana* Weber var. Azul de temporal. Se realizó una correlación para determinar la relación entre la superficie intercalada con tipo de manejo de sistema ( $r=0.928$ ;  $p\leq 0.01$ ). La relación entre la superficie intercalada con tipo de manejo de sistema indica que es significativo, es decir, el tipo de manejo se incrementa a medida que aumenta la superficie y a mayor superficie se realiza el monocultivo y a menor el policultivo. La diversificación de cultivos es mayor en el ATP cuando poseen mayor superficie. Los productores refieren que realizan el policultivo por no poseer grandes superficies, pero otros indican que es una forma de obtener ingresos durante la maduración del agave.

### **Prácticas agroecológicas en los ATP y ACM**

Las prácticas agroecológicas analizadas en el presente estudio para ATP y ACM son: 1) Intercalado de cultivos (policultivo), 2) Incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado, 3) Plantación de agave en curvas a nivel, 4) Obras de conservación de suelo y agua, 5) Rotación de cultivos, 6) Descanso de tierras, 7) Escalonado del cultivo del agave y 8) Disminución de la aplicación de herbicidas.

#### **1) Intercalado de cultivos (policultivo)**

Esta práctica es exclusiva del ATP, el 44 % intercala agave con maíz y frijol, un 24 % intercala sólo con maíz, 8 % cultiva una mezcla de surcos de frijol y cacahuete, otro 8 % cultiva maíz frijol y cacahuete, mientras que 4 % sólo agave-cacahuete y un porcentaje igual con frutales como: limón, aguacate y ciruelo (siendo este último de importancia en la zona denominada barranca del municipio). El resto (8 %) intercala maíz, cacahuete y frutales (Figura 7). En promedio se intercalan dos especies en las plantaciones. Existe un debate sobre este tema, López *et al.* (2008) indican que asociar leguminosas al cultivo del agave presenta ventajas de adaptación, fijación nitrógeno atmosférico, recuperación y mantenimiento de suelos y como uso potencial como coberturas vegetales vivas. ASERCA (2000) refiere que la mayoría de los productores opinan

que introducir cultivos como el maíz en sus plantaciones origina competencia por nutrientes y en una opinión contraria alude que la fertilización y medidas sanitarias aplicadas en maíz, cacahuate o frijol, son útiles y les permite obtener un ingreso adicional.

Los productores discrepan en argumentos respecto a la finalidad del intercalado, no obstante es importante señalar que aun los productores del ACM tienen una opinión positiva y hasta prefieren el intercalado, pero los limita la presión de las industrias por la obtención pronta de la producción.

La principal razón para intercalar maíz es la obtención de alimento para el ganado y autoconsumo humano (28 %), otro porcentaje sólo cultiva productos para alimento humano (20 %) y el 16 % alimento exclusivo para el ganado. Ello se ve reflejado en que la mayoría tiene ganado bovino y remudas para el trabajo de campo; el resto opina que es para obtener productos para comercializar, como en los casos del frijol y del cacahuate ya que el maíz se destina para autoconsumo y para pastura para el ganado. Los productores del ATP indicaron que es una práctica tradicional. Un punto importante es la relación con el precio de los productos, es decir, se cultiva frijol mayormente cuando el precio es alto, mientras que no hay relación con el maíz destinado al autoconsumo o alimento para el ganado. Además refieren que dado al ciclo productivo del maíz no ocasiona grandes efectos (son de seis a siete meses). En todos los casos los agaveros argumentan que sólo se intercala los primeros años del cultivo (tres a cuatro), posterior a estos dificulta las labores, en concordancia con Valenzuela (2000) que sugiere la pertinencia de los cultivos intercalados cuando estos son de ciclo corto, leguminosas y que se cosechen a tiempo.



**Figura 7. Cultivo intercalado de agave con maíz (izquierda) y con frijol (derecha)**

## **2) Incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado**

En el ACM el 40% que corresponde a 10 agaveros indicaron que introducen ganado en sus predios, de los cuales el 32 % lo realiza en rotación<sup>2</sup> y 8 % de forma estacional o diferida<sup>3</sup>. Por su parte en el ATP el 60 % (15 agaveros) pastorean, el 48 % rotacional y 12% continuo<sup>4</sup>. El tipo de sistema de manejo de pastoreo rotacional es más recomendado debido a que esta práctica incrementa la recuperación de las plantas, proporciona forraje de mejor calidad y controla el consumo racional del alimento. En comparación con el pastoreo continuo presenta ventajas como producción más estable, menores problemas de erosión y fertilidad controlada de suelo (Hernández, 2007). Este manejo pastoril es el más usual entre ambos tipos de productores agaveros.

---

<sup>2</sup> Es la práctica de mover el ganado de una plantación a otra. El objetivo es utilizar eficientemente la pastura (pastos y herbáceas que crecen en las plantaciones). Se recomienda utilizar este manejo en menor tiempo posible, para evitar el consumo o daño por animal de los rebrotes.

<sup>3</sup> Este sistema implica el descanso de los predios durante ciertos períodos antes de iniciarse la época seca para que sean utilizados. La desventaja radica en el tipo de vegetación y el lapso de tiempo de los predios, es decir. las arvenses que crecen durante el periodo de descanso en los potreros pueden retrasar su germinación o en su caso el pasto se encuentra en etapa de madurez por lo tanto contiene un valor nutricional muy pobre.

<sup>4</sup> Refiere a un sistema extensivo de pastoreo durante el cual el animal permanece un período prolongado en el mismo predio. Este sistema es generalmente utilizado en los pastos naturales que por su escasa producción y crecimiento se evita fraccionar los potreros. Este sistema favorece la propagación de las malezas y hay un deficiente aprovechamiento del forraje.

Los productores que manifiestan la pertinencia del uso pastoril en sus predios porque esta práctica tiene tres propósitos: a) Reducción de la maleza a través de alimentar al ganado, b) Abonar biológicamente la plantaciones, y c) Reducción de costos en la compra de pastura. El tipo de ganado que se emplea en las plantaciones agaveras está en función al deterioro que genera el ganado al suelo, edad de las plantas y a la época de lluvia o estiaje en ambos manejos.

Los meses destinados al pastoreo del ganado son después del temporal de lluvias y especialmente cuando se intercalaron otros cultivos en las plantaciones de agave. Se efectúa el libre pastoreo a partir del tercer año del ciclo de vida del agave, ya que la planta tiene mayor vigor y por lo tanto es menos vulnerable al daño por el ganado. Introducen de tres hasta 18 cabezas o unidades de animal por ha, el promedio es de 7.64 cabezas. Pastorean entre uno hasta los siete años del total del ciclo biológico, en promedio 3.66 en el ATP y 4.2 años en el ACM. Los meses que dejan libre el ganado durante el ciclo productivo en la plantación oscila entre uno y 34 meses, la media es de 4.14 meses. En el ACM la media es de 6.4 meses mientras que en el ATP de 2.6 meses. El pastoreo está relacionado con el lapso en el que se desarrollan los cultivos que se intercalan, es decir, el tiempo de pastoreo es proporcional al espacio y tiempo que ocupan los cultivos en ambos manejos de agrosistema.

Respecto a la diferencia del tipo de ganado en ambos sistemas, pastorean con ganado bovino (ACM 20 % y ATP 24 %), una composición de ganado bovino y remudas (ACM 8 % y ATP 16 %), sólo remudas (ACM 4 % y ATP 8 %) y el resto combinan tipos de ganado (bovinos, equinos y remudas). Esto tiene relación con el número de cabezas que poseen los productores, principalmente tienen ganado bovino y los agaveros que no tienen vacas y reses sólo pastorean remudas, o en su defecto permiten que el vecino deje libre su ganado en sus plantaciones. En la investigación se encontró que en el ATP se pastorea más el ganado que en el ACM aunque no hay diferencia en el número de cabezas de libre pastoreo.

Existen opiniones contradictorias de los productores sobre esta práctica, por un lado, algunos mencionan que el esparcimiento del ganado es necesario para remover la tierra y evitar las plagas. Por otro lado, hay productores que no

recurren al pastoreo por considerar que es perjudicial para el cultivo y el suelo. La mitad de ellos (50%) no realizan esta práctica porque retarda el crecimiento del agave y decrece la calidad, compacta el suelo, dañan las plantas y recién plantado el hijuelo es arrancado por el ganado.

Algunos agaveros puntualizan que el empleo de ganado bovino es agresivo en las plantaciones, debido a que mordisquean las plantas madre o en su caso cuando son pequeñas (de uno a tres años) las arrancan desde raíz y lo mismo hacen con los hijuelos, ocasionado daño y por ende pérdidas. Por estos motivos recomiendan el empleo de remudas (caballos, mulas y machos), ya que han observado ser menos dañinos a las plantas. Esto tiene una explicación fisiológica y anatómica, es decir en la digestibilidad y el mecanismo de consumo (aparato dental). Los bovinos son animales rumiantes y los equinos son animales monogástricos, mientras que el primero es un grupo más desarrollado y especializado, capaces de digerir fibras y su estructura dental permite la masticación pausada, por no poseer dientes incisivos superiores; el equino por su parte tiene incisivos en el maxilar superior e inferiores, característica importante pues ingiere pastos de porte bajo, haciéndolo más selectivo. No obstante la estructura dental del ganado vacuno le permite triturar el agave en pedazos no tan pequeños antes de tragarlos, motivo por el cual en las plantaciones de agave, es más recomendable el empleo de remudas porque este ganado es más selectivo al pastar, sin embargo, se corre el riesgo de que consuman los pastos que se deja para evitar la erosión.

Se puede aprovechar las pencas de la planta cuando estas son jimadas junto con a los esquilmos agrícolas que se genera cuando se intercala agave-maíz, o en su caso cuando se realiza la poda o barbeo contribuyendo en la alimentación del ganado y por consecuencia en los recursos económicos del productor. García *et al.* (2010) refieren que las hojas de agave cuando son combinadas con otras fuentes alimenticias proporcionan altos niveles de energía digestible, minerales y agua, mejorando la condición física del ganado.

Entre los autores también hay opiniones encontradas sobre el pastoreo en plantaciones de agave. El CESAVEG (2011) y García y López (2009) sugieren

evitar el acceso de animales, ya que ramonean, pisan el hijuelo y contaminan con otras semillas, por ello no es recomendable pues ocasiona erosión, deteriora la calidad y fertilidad del suelo. Sin embargo, Moreno *et al.* (2011) y Hernández (2014) refieren que entre los agaveros el uso de ganado, economiza la fertilización (excretas animales) y reduce la aplicación de herbicidas e incrementa microorganismos indispensables en los suelos, sirve para el control de maleza y remueve la tierra, permitiendo la oxigenación de los suelos. En este sentido, una práctica es introducir el ganado para que consuma maleza de alto porte; al rebajar la altura se dispone posteriormente de maquinaria agrícola (tractor) con esto minimizan los costos en el control y del mantenimiento del ganado.

### **3) Plantación de agave en curvas a nivel**

La plantación en curvas a nivel es una práctica realizada por las grandes destiladoras y se ha ido difundiendo entre los pequeños productores. A pesar de que se sugiere plantar hileras en curvas a nivel que reduzcan la pérdida de suelo en niveles tolerables es poco el uso de este sistema, solo el 24 % de los productores aplican este método en igual proporción entre ACM y ATP, es decir 12% para cada sistema. En el ACM se realiza cuando la pendiente es ligera y plana y en el ATP cuando la pendiente es de moderada a plana. Las curvas a nivel están relacionadas con las obras de conservación de suelo y agua, no obstante los agaveros realizan en mayor porcentaje obras de conservación y no curvas a nivel en sus predios. En las tierras donde no se usa esta práctica se debe al esquema tradicional de cultivo, habituado a sembrarse en hileras. Por otro lado, indicaron que cuando existen terrenos en “ceboruco”<sup>5</sup> es recomendable. Investigaciones realizadas por Moreno *et al.* (2011) en la Sierra de Amula, Jalisco exponen que esta práctica es la menos usada. Esta situación está en concordancia con los resultados obtenidos en la presente investigación en Tequila donde se encontró que únicamente 12 de 40 agaveros efectúan curvas a nivel en comparación con las obras de conservación. Rodríguez *et al.* (2005) indican que el sistema de cultivo de maíz criollo mejorado intercalado con agave

---

<sup>5</sup> Ceboruco: Termino aplicado por productores de agave para un tipo de plantación principalmente tierra con pendiente en lomas o laderas en donde la erosión dejó al descubierto las piedras.

mezcalero bajo el sistema de curvas de nivel y muros vivos, es factible para áreas que no cuentan con agua para riego en lomeríos degradados.

#### **4) Obras de conservación de suelo y agua**

Estudios realizados por Guevara *et al.* (2012) en agave concluyen que el desconocimiento del manejo (cultural y agronómico) del cultivo, y de las regiones óptimas ha favorecido al proceso de degradación de suelos, por ello cualquier práctica alternativa que contribuya a la disminución del arrastre de suelo en el cultivo de agave disminuirá las tasas erosivas. Algunas estrategias propuestas para reducir la erosión son: 1) prácticas de conservación de suelo en tierras con pendientes del 5 % o superiores, tales como: a) Disminuir al mínimo implementos agrícolas, b) No emplear productos químicos, c) Limpieza y deshierbes de los cultivos de manera manual; y 2) Evitar la eliminación parcial o total de la vegetación nativa.

El porcentaje de productores que realizan estas prácticas de conservación es alto (80 %). Entre éstas se encuentran: obras de conservación de suelo y agua (34 %) (construcciones de piedra, calzadas, presillas, cadenas, costales de piedra o tierra y retenciones con piedras sueltas); juntar la “basura” (hojarasca y estacas con ramas) y la colocan por la orilla; construcción zanjas, topes, cercas y mamposteos, el 16 % combina las prácticas de mantener la cobertura vegetal a través de la extracción parcial del zacate, conservación de pencas de agaves después de la jima y la construcción de obras; 14 % sólo mantiene la cobertura; el 10 % de los productores plantan el agave con orientación perpendicular a la pendiente y el resto no siembra en terrenos con alto nivel de pendiente. Los motivos fueron recurrentes y es evitar la pérdida de suelo. Cabe señalar que en el ATP se construyen con mayor frecuencia obras de conservación (58.82 %) comparado con los ACM. La prueba de t ( $t=2.359$ ;  $p= 0.022$ ) indicó que existe diferencia estadística entre ambos manejos.

## **5) Rotación de cultivos**

Las rotaciones de cultivos incrementan los rendimientos, adicionan materia orgánica al suelo y por ende elevan la fertilidad. Los cultivos difieren por la cantidad y calidad de los residuos que producen, por este motivo es recomendable una rotación de diferentes especies y necesidades nutricionales, como es el caso del frijol y el maíz, cultivos que usualmente rotan los agaveros. El 44 % de los encuestados rotan los cultivos (principalmente maíz y frijol) e indicaron que lo realizan tanto en las plantaciones de agave como en otros predios que poseen donde cultivan frijol y maíz como cultivo solo. Esta cantidad se divide en: productores con ACM (14 %) y con ATP (30 %). Los motivos para realizar las rotaciones son: el 34 % de los agaveros señalaron que es para descascar la tierra, evitar el desgaste de nutrientes, ablandar y “vitaminar” los suelos; el 8 % expresó que es necesario cambiar la semilla ya que mejora la producción y nutre al suelo y el 2 % cree que beneficia al cultivo con nitrógeno que aporta el frijol. En el ATP se realizan mayormente las rotaciones que en el ACM.

Se acuerdo a Morales y Martínez (2007), los agaveros realizan las rotaciones de maíz y frijol principalmente alternando estos cultivos año con año. La introducción de nitrógeno se logra con la rotación de los mayores cultivos con legumbres, suprimen los insectos, las plagas y las enfermedades al romper efectivamente el ciclo de vida de las plagas y la ausencia de estas elimina los mecanismos fundamentales de autorregulación (Altieri, s/f).

## **6) Descanso de tierras**

Este tipo de práctica permite mejorar las condiciones del suelo en las plantaciones por un mejoramiento de la fertilidad. Cuando un terreno se cultiva sin descanso no se le da tiempo al suelo de recuperar parte de la fertilidad natural necesaria para el crecimiento de las plantas. Es entonces un indicador de recuperación de la fertilidad (Sivila y Angulo, 2006). El 78 % realiza este tipo de actividad, respecto a la diferencia entre ambos tipos de manejo es: 18 productores (36 %) del ACM y 21 (42 %) corresponden al ATP. La mayoría de los

productores indicó que esta práctica es fundamental en la recuperación de los suelos. El lapso de descanso varía entre uno y dos años con una media de 1.48, que se ubica dentro de ciclo corto (un año), según Pulido y Bocco (2003), este tipo de ciclo se emplea cuando los suelos presentan condiciones aceptables de fertilidad para seguir produciendo cultivos, como el maíz. Después de este tiempo nuevamente se cultiva agave cuando el precio es alto y a veces se siembra maíz como monocultivo.

## **7) Escalonado del cultivo del agave**

El escalonamiento es una estrategia ante la posibilidad de pérdida total o reducción de la producción y para el mantenimiento de las plantaciones agaveras. En Tequila los productores agaveros tienen plantaciones con diversas edades para tener producción continua todos los años, aunque lo más recurrente es que tengan plantaciones con diferencias de dos años. El ciclo vegetativo de la planta del agave que dura en promedio 7 años permite esta práctica, por ello el 48 % realiza el escalonado en sus plantaciones, de los cuales el 30% son productores de ATP y el resto de ACM. Los productores tienen en promedio 5.2 años empleando la diversificación de edades en sus plantaciones. Esta práctica es relativamente reciente aunque tuvieron dos casos de productores que tienen 20 años escalonando. En base al tiempo realizando esta actividad se deduce que es una práctica de incorporación reciente al sistema de cultivo. Respecto al promedio de años escalonando en el ATP fue de 4.2 años y el ACM llegó a 6.7 años. El escalonamiento es más frecuente en el ACM que en el ATP, sin embargo, hay una diferencia de 2.5 años, esto alude a la posibilidad que los productores tienen un mayor control de las edades de las plantaciones cuando se establecen como monocultivo.

Los productores reducen el costo de producción con este método a través de dos formas: 1) Selección de hijuelos, los productores separan los hijuelos sanos de sus propias plantaciones y van cultivándolo conforme el tamaño, edad y vigorosidad, y 2) Inversión gradual, conforme el agavero cuenta con recursos económicos adquiere los hijuelos, razón por la cual se observan plantaciones heterogéneas respecto a crecimiento de las plantas.

Esta práctica permite fomentar o ampliar el cultivo intercalado, ya que se realiza hasta los tres años de edad de la planta que al tener una diferenciación de edades pueden asociarse los cultivos todo el año en la misma superficie, sin embargo, no se puede realizar el pastoreo ya que dañaría las matas recién plantadas, a menos que se limite la entrada del ganado a través de cercados.

### **8) Disminución de la aplicación de herbicidas**

Los productores realizan prácticas que ayudan a disminuir significativamente el uso de herbicidas, que en orden de prioridad son las siguientes: 1) Agroecológicas: control manual de maleza, pastoreo libre de animales y elaboración de insumos orgánicos, y 2) Agroindustriales: dosificaciones exactas o mínimas de herbicidas para reducir los costos (en base a recomendaciones del proveedor) y la compra colectiva. Más de la mitad de los productores optan por el control manual para disminuir el costo y la dependencia de los herbicidas, de los cuales el 38 % son del ATP y el 30 % del ACM. El uso adecuado de dosis de herbicidas fue sólo recurrente en el ACM.

### **Índice de Prácticas Agroecológicas en *Agave tequilana* (IPAAT)**

El análisis descriptivo de las prácticas agroecológicas se complementó con la realización de las pruebas de t para el conjunto de prácticas agroecológicas. Se realizó la prueba de U Mann Whitney para conocer las semejanzas entre las distintas prácticas y se encontró que en las rotaciones e intercalado de cultivos entre ambos agroecosistemas presentan diferencias estadísticas significativas (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Prácticas agroecológicas realizadas y número de productores por manejo de sistema**

Práctica Agroecológica	Forma de manejo de sistema				U Mann-Whitney	Sig.
	Monocultivo ACM		Policultivo ATP			
	Frec.	%	Frec.	%		
1) Intercalado de cultivos (policultivo)	0	0.0	25	100.0	-7.000	.000*
2) Incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado	10	40.0	15	60.0	-1.400	.162
3) Plantación en curvas a nivel	6	24.0	6	24.0	-.000	1.000
4) Obras de conservación de suelo y agua	18	72.0	22	88.0	-1.400	.162
5) Rotación de cultivos	7	28.0	15	60.0	-2.256	.024*
6) Descanso de tierras	18	72.0	21	84.0	-1.014	.311
7) Escalonado del cultivo de agave	9	36.0	15	60.0	-1.681	.093
8) Disminución de la aplicación de herbicidas	15	60.0	19	76.0	-1.200	.230

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la encuesta realizada en 2014-2015  
Nivel de significancia:  $P \leq 0.05$

Se generó un Índice de Prácticas Agroecológicas en *Agave tequilana* (IPAAT) con base en el número de prácticas agroecológicas realizadas por los productores del ATP y del ACM, como puede observarse en el Cuadro 6. Considerando al conjunto de los productores, hubo una concentración entre los niveles Medio y Muy Alto porque realizan de tres a siete prácticas agroecológicas por unidad de superficie (ha).

La mayor parte de los productores del ATP (72%) se concentraron entre los niveles Alto y Muy Alto. El promedio de prácticas del ATP fue de 5.52 y una mediana de 5 prácticas lo que se clasifica en el nivel de IPAAT Muy Alto. En tanto que la mayor parte de los productores del ACM se concentraron en el nivel Medio. El promedio de prácticas del ACM fue de sólo 3.32, que se clasifica con un IPAAT Medio. La diferencia entre ambos sistemas es de 2.2 prácticas en promedio. En el Cuadro 6 es apreciable la ausencia de valor excelente en el ACM, de igual forma de productores en ATP con valor nulo, esto significa que aun en los monocultivos de agave realizan algunas prácticas que pueden considerarse agroecológicas. Se aplicó prueba de t ( $t = -5.292$ ;  $p \leq 0.01$ ) mostrando que hay diferencia estadística.

La explicación a las ventajas agroecológicas del policultivo sobre monocultivo fue documentado anteriormente (Pulido y Bocco, 2003; Altieri y Nicholls, 2004; Emanuelli y Monsalve, 2009; Sevilla y Soler, 2010; Altieri y Toledo, 2011; Gliessman, 2013), lo que aquí se demostró es que el ATP está más ligado a sistemas de cultivo tradicionales porque permiten realizar cultivos para la subsistencia de los agaveros que mantiene una relación más armoniosa con el entorno ecológico que en el ACM. El ACM ha generado un deterioro mayor de los recursos por el control del sistema de cultivo ejercido por la industria tequilera que prohíbe a los agaveros a intercalar cultivos y los obliga a realizar prácticas que deterioran el ambiente.

**Cuadro 6. Prácticas agroecológicas realizadas por manejo de sistema (Valor IPAAT).**

Valor IPAAT	Tipo de manejo del sistema					
	Monocultivo ACM		Policultivo ATP		Total	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
Nulo (0 prácticas))	1	4.0	0	0.0	1	2.0
Bajo (1 a 2 prácticas)	4	16.0	1	4.0	5	10.0
Medio (3 a 4 prácticas)	15	60.0	4	16.0	19	<b>38.0</b>
Alto (5 prácticas)	1	4.0	7	28.0	11	22.0
Muy alto (6 a 7 prácticas)	1	4.0	11	44.0	12	<b>24.0</b>
Excelente (8 prácticas)	0	0.0	2	8.0	2	4.0
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100.0</b>	<b>25</b>	<b>100.0</b>	<b>50</b>	<b>100.0</b>
$\bar{\chi}$	<b>3.32</b>		<b>5.52</b>		<b>4.42</b>	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la encuesta realizada en 2014-2015

## CONCLUSIONES

Se planteó identificar prácticas agroecológicas para realizar una comparación en dos sistemas de manejo de plantaciones de *Agave tequilana* Weber var. Azul: Agroecosistema Tradicional con Policultivo (ATP) y el Agroecosistema Convencional con Monocultivo (ACM). Se generó un Índice de Prácticas Agroecológicas en *Agave tequilana* (IPAAT) basado en el número de prácticas realizadas por los productores. A partir de los resultados del IPAAT se concluye que en el sistema ATP se realizan más prácticas agroecológicas que en el ACM, por lo que se infiere que el ATP tiende a ser más sustentable que el ACM.

Las rotaciones y la diversificación de cultivos fueron las prácticas que tuvieron diferencias más significativas entre el ATP y el ACM. Las obras de conservación de suelo y agua y el descanso de tierras fueron las más recurrentes en ambos sistemas. La práctica agroecológica de mayor importancia fue el intercalado del *Agave tequilana* Weber var. Azul con cultivos anuales como el maíz, frijol y cacahuate, no sólo por el número de productores que la realizaron sino porque esta práctica implica un manejo de las plantaciones diferente bajo el sistema ATP respecto al ACM.

El ATP está más ligado a sistemas de cultivo tradicionales para la subsistencia de los agaveros y el ACM al control del sistema de cultivo ejercido por la industria tequilera.

## LITERATURA CITADA

- Altieri, M. A. 1999. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan Comunidad. Montevideo. 338 p.
- Altieri, M. A. 2009. Desiertos verdes: monocultivos y sus impactos sobre la biodiversidad. *In: Azúcar roja, desiertos verdes*. Emanuelli, M. S.; Jonsén, J. y Monsalve, S. (Comps.). FIAN Internacional, FIAN Suecia, HIC-AL SAL. 55-62 pp.
- Altieri M. A. y E. C. Nicholls. 2000. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable, serie textos básicos para la formación ambiental, Número 4. FAO-PNUMA. México, D.F. 250 p.
- Altieri, M. A. y Nicholls, E. C. 2004. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems, Harworth Press, Inc. New York. 2 Edition. Binghamton, New York. 189 p.
- Altieri, M. A. y Toledo, V. M. 2011. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies* 38:587-612.
- Apoys y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA). 2000. Agave tequilero y arroz. *Claridades Agropecuarias* 87:2-30.
- Ambrecht I. 2009. Avance de los monocultivos, soberanía alimentaria y derechos humanos: recomendaciones en la evaluación mundial de IAASTD-ALC. *In: Azúcar roja, desiertos verdes*. Emanuelli, M. S.; Jonsén, J. y Monsalve, S. (Comps.). FIAN Internacional, FIAN Suecia, HIC-AL SAL. pp. 245-250.
- Blomberg, L. 2000. Tequila, mezcal y pulque. Lo auténtico mexicano. Editorial Diana. México, D.F. 314 p.
- Carrillo, L. A. 2007. Los destilados de agave en México y su denominación de origen. *Ciencias* 87:9-49.
- Ceja, R. R.; Rendón, L. A. y De la Torre, O. C. 2011. Selección de terrenos. *In: Rendón, L. A.; Ávila, M. E.; Rodríguez, R. B. y Del Real, J. I. (Eds.). Manual técnico para el establecimiento de huertas madre de agave Azul*. Libro técnico Núm. 1. CRT, Prometeo editores. Jalisco, México. 13-32 pp.
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Guanajuato (CESAVEG). 2011. Manual de plagas y enfermedades del Agave. Campaña de Manejo

- fitosanitario del Agave tequilero. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Guanajuato. Guanajuato, México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 27 p.
- Emanuelli, M. S. y Monsalve, S. 2009. Los monocultivos como megaproyectos o proyectos de desarrollo. *In: Azúcar roja, desiertos verdes*. Emanuelli, M. S.; Jonsén J. y Monsalve, S. (comps.). FIAN Internacional, FIAN Suecia, HIC-AL SAL. 13-37 pp.
- García, B. y López, I. 2009. Como estimar carga animal para pastoreo continuo Parte I. *Revista Agrum* 29:38-40.
- García E. J.; Méndez, S. J. y Talavera, D. 2010. El género *Agave spp.* en México: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. *RESPYN* 5:109-129.
- Gerritsen, P.; Rosales, J.; Moreno, H. A. y Martínez, L. 2011. Agave Azul y el desarrollo sustentable en la cuenca baja del río Ayuquila, Costa Sur de Jalisco (1994-2004). *Región y Sociedad* 23:161-192.
- Gliessman, S. 2013. Agroecología: plantando las raíces de la resistencia. *Agroecología* 8:19-26.
- Gómez, L. I. 2012. Tequila, de la antigua taberna artesanal a una industria de alcance global. Editorial Quid Media Services. Guadalajara, Jalisco. 168 p.
- González T. L. 2011. El modelo sustentable para la actividad turística del municipio de Tequila, Jalisco. *Architecture, City and Environment* 5(15):95-102.
- Granados, D. S. 1993. Los agaves en México. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 252 p.
- Guevara, R. D.; Pelayo, R. y Miramontes, A. 2012. Agave Azul, distribución e impacto sobre la frontera forestal: Evaluación bajo la perspectiva ambiental del desarrollo sustentable. Editorial Académica Española. México. 100 p.
- Hernández, A. G. 2007. Pastoreo Rotacional Intensivo. Ficha 1. SAGARPA-COLPOS. 8 p.
- Hernández, J. J. 2014. La jornalerización en el paisaje agavero. Actividades simples, organización compleja. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS). Publicaciones de a Casa Chata. México. 218 p.

- Herrera-Pérez. L. Juárez-Sánchez, J.P.; Ramírez-Valverde, B.; Hernández-Plascencia, J. A. 2013. El cultivo de *Agave tequilana* Weber por pequeños productores de Tequila, Jalisco. *Agroproductividad*. 6:21-26.
- Martínez, L. M.; Gerritsen, P.; Rosales, J. J.; Moreno, A. H.; Contreras, S.; Solís, A. M.; Rivera, L. E.; Cárdenas, O. H.; Iñiguez, L. D.; Cuevas, R.; Palomera, C.; García, E.; Aguirre, A. G. y Olguín, J. L. 2007. Implicaciones socioambientales de la expansión del cultivo de agave Azul (1995-2002) en el municipio de Tonaya, Jalisco, México. *In: En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*. Colunga, P.; Larqué, A.; Eguiarte, L. E. y Zizumbo, D. (Eds.). CICY, A.C. México. 265-284 pp.
- Morales F. y Martínez, M. 2007. Rotación de cultivos. Ficha técnica 1, SAGARPA-COLPOS. 8 p.
- Moreno A. H. (2010). Factores asociados a las sustentabilidad de agroecosistemas de agave Azul (*Agave tequilana* weber) en la región Sierra de Amula, Jalisco: propuesta metodológica para su medición. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. p. 163.
- Moreno A. H., Estrella, N.; Escobedo, S.; Bustamante, A. y Gerritsen, P. 2011. Prácticas de manejo agronómico para la sustentabilidad: características y medición en *Agave tequilana* weber en la región Sierra de Amula, Jalisco. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 4:159-169.
- López I.; Iruegas, R.; González, A. I. y Gómez, F. L. 2008. *Asclepiadoideae* (*Apocynaceae*) como maleza en el cultivo del agave tequilero (*Agave tequilana* var. "Azul"). *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 2:1341-1345.
- Pulido J. y Bocco, G. 2003. Los sistemas de uso del suelo tradicionales. *In: Las enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales*. Velázquez, A.; Torres, A. y Bocco, G. (comps.). INE-SEMARNAT. 325-346 pp.
- Reijintjes, C, Haverkart B. y Walters-Bayer, A. 1992. Farming for the future: An Introduction to Low-External Input and Sustainable Agriculture. MacMillan Press Ltd., London, U. K. 162 p. + Apéndices.
- Rodríguez R.; López P. y Aragón, F. 2005. Chile de agua con duraznos y maíz con agave mezcalero, dos sistemas de cultivo alternativos para laderas

- degradadas en Oaxaca. México. Memoria del Simposio Internacional de Restauración Ecológica. 17 al 21 de noviembre. Santa Clara, Cuba.
- Sans F. X. 2007. La diversidad de los Agroecosistemas. *Ecosistemas* 16 (1): 44-49. Enero 2007
- Santacruz, F.; Torres, M. I. y Portillo, L. 2008. Micropropagación de *Agave tequilana* Weber cv. Azul: Problemas y perspectivas. *Scientia-CUCBA* 10:7-20.
- Sevilla, E. y Soler, M. 2010. Del desarrollo rural a la Agroecología. Hacia un cambio de paradigma. *Documentación Social*, Monografía 155:25-41.
- Sivila, R. y Angulo, W. 2006. Efecto del descanso agrícola sobre la microbiota del suelo (Patarani - Altiplano Central boliviano). *Ecología en Bolivia* 41:103-115.
- Suárez, A. 2011. Percepciones estéticas en torno al paisaje del agave y el tequila. *Carta Económica Regional* 23/24:59-80.
- Turrent, A.; Wise, T. y Garvey, E. 2012. Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. INIFAP-Universidad de Tufts. Reporte 24. 36 p.
- Valenzuela, A. G. 2000. Tequila Cazadores. Manual para agaveros. Tequila Cazadores. Jalisco, México. 90 p.
- Valenzuela, A. G. 2003. El Agave tequilero. Cultivo e industria en México. Mundiprensa. 3ra. Edición. México. 215 p.
- Valenzuela, A. G. 2009. Agave Azul, historia por venir. Patrimonio Cultural y Turismo, CONACULTA. Número 15, Cuadernos. 145-158 pp.
- Vargas, O.; Zizumbo, D. y Colunga, P. 2007. *In Situ* Diversity and Maintenance of Traditional Agave Landraces Used in Spirits Production in West-Central Mexico. *Economic Botany* 61:362-375.
- Yahuza I. 2011. Review of some methods of calculating intercrop efficiencies with particular reference to the estimates of intercrop benefits in wheat/faba bean system. *International Journal of Biosciences* 5(1):18-30.
- Zizumbo, D.; Vargas, O.; Rosales J. y Colunga, P. 2013. Sustainability of the traditional management of *Agave* genetic resources in the elaboration of mezcal and tequila spirits in western Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 60:33-47.

**CAPÍTULO VII.**  
**ESQUEMAS DE CONTRATOS AGRÍCOLAS PARA LA  
PRODUCCIÓN DE *Agave tequilana* Weber, EN LA REGIÓN DE  
TEQUILA, JALISCO**

**SCHEMES OF AGRICULTURAL CONTRACTS IN THE PRODUCTION OF  
*Agave tequilana* Weber IN THE REGION OF TEQUILA, JALISCO**

**RESUMEN**

La producción de *Agave tequilana* Weber var. Azul sufre de crisis cíclicas derivadas de las fluctuaciones de los precios de agave, períodos de sobreoferta y períodos de escases del producto en el mercado. Una de las alternativas propuestas para reducir los efectos de estas crisis cíclicas y estabilizar el mercado del agave, ha sido el establecimiento de contratos de producción y compraventa entre agaveros e industrias tequileras. El objetivo del presente estudio fue identificar los tipos de contratación para la producción y comercialización de *Agave tequilana* en la cadena productiva de agave-tequila del municipio de Tequila, Jalisco. Se encuestó a una muestra de 50 productores de agave seleccionados al azar, quienes producen agave bajo tres tipos de contratos: a) Arrendamiento; b) Aparcería y c) Mediería. El contrato por arrendamiento es el más frecuente y ha desplazado a los esquemas informales de aparcería y mediería. Los arrendadores realizan las labores del agave principalmente en monocultivo y los aparceros y medieros en policultivo. El factor común entre la aparcería y la mediería es que los propietarios tienen acceso a sus predios y la diferencia principal radica en la forma de apropiación de la cosecha de agave.

**Palabras claves:** agave, arrendamiento, aparcería, industria tequilera, mediería.

## **ABSTRACT**

The production of *Agave tequilana* Weber var. Azul faces cyclical crisis as a result of fluctuations of agave prices, periods of high demand and periods of scarcity of this product in market. One alternative proposed to reduce the crisis effects and stabilize the agave market, has been the contracts for production and trading between agave producers and tequila industries. The objective of this study was to identify the types of production-trading contracts of *Agave tequilana* Weber in the chain agave-tequila of municipally Tequila, Jalisco. A random sample of 50 agave producers were surveyed who produce agave under three types of contracts: a) Land rent; b) Sharecropping and c) Half-&-half sharing. The land rent contracts are the most frequent and have displaced informal sharecropping contracts. Renters do cropping on agave under monoculture and sharecroppers in polyculture. The common factor between sharecropping and half-&-half sharing is that owners have access to their land and the main difference lies in the way that agave harvest is appropriated.

**Key words:** agave producers, renting, sharecropping, half-&half sharing, tequila industry.

## **INTRODUCCIÓN**

### **Problemas cíclicos de la producción de Agave tequilana Weber**

La cadena productiva de agave-tequila siempre ha sido un sector productivo muy importante para el estado de Jalisco y para el país en los últimos 20 años. De acuerdo con el Consejo Regulador del Tequila (CRT), durante el 2014 en México, el consumo nacional de tequila se ha estancado en 71.10 millones de litros anuales, pero las exportaciones han seguido creciendo a ritmos acelerados alcanzando 171.30 millones de litros que representaron US\$1,000 millones en divisas (González, 2015). Sin embargo, la cadena productiva del agave-tequila presenta problemas cíclicos de escasez y sobreoferta de agave que son resultado de diversos factores tales como: ineficiente programación de las plantaciones, manejo fitosanitario, control oligopólico de las grandes empresas tequileras,

desánimo de los productores, ciclo biológico largo, reconversión de cultivos de agave por otros cultivos y viceversa, y pocos apoyos para los agaveros (incentivos, subsidios, créditos).

Actualmente, el estado de Jalisco está sufriendo una crisis en relación a la disponibilidad de *Agave tequilana* Weber var. Azul, al reducirse drásticamente las plantaciones en más de 50,000 has entre 2005 y 2015. Producto de esta reducción, los precios de venta de piñas de agave aumentaron significativamente de \$1.00 peso en 2005 a \$6.00 pesos kilo<sup>-1</sup> en 2015 (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Superficie de agave, consumo de agave, producción de tequila y precio de tequila. 2005-2015.**

Año	Superficie sembrada (ha)	Consumo de agave (miles de ton)	Producción de Tequila (miles de litros)	Precio (\$ por kg)
2005	121,362.63	688.8	209.7	1.00
2006	123,148.78	778.6	242.7	1.00
2007	122,832.46	1,054.30	284.1	1.85
2008	121,146.25	1,125.10	312.1	1.00
2009	107,700.12	924.8	249.0	1.00
2010	100,316.30	1,015.10	257.5	0.70
2011	94,086.09	998.4	261.1	1.25
2012	82,775.95	880.6	253.2	2.50
2013	79,076.67	756.9	226.5	4.70
2014	76,181.70	788.2	242.4	5.80
2015	67,060.88	788.9	228.5	6.00

Fuente: CRT (2017), SIAP (2017), Macías y Valenzuela (2009), registros de campo encargado de jima de la compañía Cuervo y expertos Ayuntamiento de Tequila- Departamento de Desarrollo Rural.

En ese sentido, los organismos reguladores (como el CRT) proponen a los contratos de compra-venta entre productores de agave y el sector industrial del tequila como una de las medidas para estabilizar el mercado y reducir los efectos de las crisis cíclicas (Coelho, 2007).

Ante el desabasto de materia prima las principales destiladoras y fábricas han extendido su zona de arrendamiento de terrenos a otros municipios y estados aledaños. Las compañías tequileras dependen cada vez más de acuerdos contractuales para garantizar el suministro de agave, inclusive rentan tierras de pequeños propietarios para cultivar agave directamente (Bowen y Gerritsen, 2007; Bowen, 2012).

En épocas de auge en el consumo nacional y la exportación, los agricultores han reconvertido sus cultivos de básicos (maíz principalmente) y pastoreo a plantaciones de *Agave tequilana*, transformando los ecosistemas agrícolas tradicionales cuando suben los precios del agave (Monroy *et al.*, 2005; Valenzuela y Gaytán, 2009). En otros momentos, ha sucedido el proceso contrario cuando el precio del agave tiende a la baja. Es decir, el cambio de patrones de cultivos depende del precio del agave. Actualmente en la región de Tequila, se pueden encontrar diversos esquemas de contrato de tierras principalmente el arrendamiento con destiladoras y en menor proporción esquemas de aparcería y mediería.

El objetivo de la investigación fue identificar cómo funcionan los diversos esquemas de contrato en el acceso a las tierras, el tipo de vínculos de integración vertical entre los productores y la industria tequilera, las ventajas y desventajas de los contratos, la distribución de los costos e ingresos de la fase agrícola de la producción de agave entre los contratantes y la realización de prácticas agrícolas que promuevan o prevengan el deterioro ambiental en el municipio de Tequila, Jalisco.

### **Integración vertical de la cadena productiva agave-tequila**

La integración vertical es un concepto económico que sienta sus bases en la propiedad y control de las cadenas productivas, cuyo objetivo es mejorar la eficiencia productiva a través de la minimización de costos producción y de transacción. La característica principal es la alianza vertical jerarquizada de la cadena productiva, en la cual el control es ejercido por una empresa, generalmente industrial. Dicha cadena se encuentra integrada verticalmente

cuando la empresa principal se involucra y controla todas las fases de la cadena productiva (Tamayo y Piñeros, 2007).

La integración vertical no es un fenómeno nuevo y es ampliamente observado en muchas agroindustrias como la del tabaco (Makinlay, 2011 y Jáuregui, 1980), la azucarera (CEFP, 2001) la avícola (Chirinos, *et al.*, 2008), las hortalizas congeladas (Echánove, 2000), entre otras, que evidencia el control de la industria sobre la fase agrícola primaria.

Las principales ventajas de la integración vertical, indica Victoria (2011), son: 1) reducción de costos; 2) poder defensivo de mercado (autonomía en oferta o demanda); y 3) administrativas y de gestión (disciplina de mercado a través del trato directo con los proveedores). Las desventajas son: 1) aumento de riesgos (mayor inversión) y 2) pérdida de flexibilidad para diversificarse (se restringe la posibilidad de recurrir a diferentes distribuidores y proveedores). En este sentido, los beneficios de la integración vertical no se distribuyen de manera equitativa, los pequeños productores agaveros obtienen ventaja de los contratos con la industria tequilera al tener un mercado seguro. Sin embargo, tienen que ceder el control del proceso productivo de sus plantaciones a la industria, porque deben seguir estrictamente las indicaciones de los contratos, so pena de castigos económicos al entregar su producción.

En el caso de la industria tequilera, de acuerdo con Orozco (2011), el modelo de integración vertical ha sido una estrategia para afrontar la problemática de escasez de materia prima a través de tener plantaciones propias, adquisición de predios, parcelamiento, contratos de compra a futuro y asociaciones, ocasionado que los agaveros pierdan el control de sus predios. Este esquema requiere altas inversiones de capital que carecen las empresas tequileras medianas y pequeñas, por lo cual deben limitarse a insertarse al modelo de control de las grandes tequileras. La integración vertical acentúa la inequidad económica entre los sectores sociales integrados a la cadena productiva. Barrera y Sánchez (2003) corroboran lo anterior puntualizando que las fluctuaciones del mercado son de orden estructural e inciden principalmente en favor del interés de las destiladoras por tener el dominio del sector productivo, reduciendo la

influencia de las externalidades de la cadena productiva. Estos autores concluyen que las grandes tequileras han controlado el precio de la materia prima y de la tierra para obtener aún más ganancias que las que obtienen de la producción de tequila. Luna (2011) sostiene que las grandes empresas ejercen el control de la cadena productiva actualmente desde el eslabón de la distribución y comercialización, caso contrario cuando este sector agroindustrial era “tradicional”.

La cadena del agave-tequila sufre de un proceso de conglomeración económica que dificulta cada vez más el acceso de tequileras medianas y pequeñas al mercado internacional (Massieu, 2000). Aproximadamente, el 90% del tequila es producido por grandes empresas, por lo tanto acaparan la mayor parte de materia prima en el mercado.

Las grandes tequileras recurren cada vez más a esquemas de subcontratación de pequeñas industrias, las cuales maquilan tequila a granel que es envasado por las grandes empresas para su comercialización en México y en el extranjero (principalmente Estados Unidos). Estos arreglos de subcontratación han desincentivado la competencia (Monge, 2012), concentrando de manera creciente el control del sector tequilero en unas cuantas empresas.

### **Derechos de propiedad y esquemas de contrato en la zona agavera de Tequila**

El esquema de integración de la agroindustria tequilera ha polarizado a los productores del eslabón primario en dos tipos: 1) agaveros que rentan sus predios y desisten de la actividad agrícola y, 2) los productores que cultivan agave en sus propias tierras y le dan valor agregado.

Los tipos de contratos identificados para producir agave en el municipio de Tequila, Jalisco son: a) Arrendamiento; b) Aparcería y c) Mediería. En el arrendamiento coexisten dos modalidades: 1) arrendatarios que rentan tierras para plantar agave y 2) arrendadores propietarios de predios que rentan principalmente a industrias tequileras. En la aparcería es un tipo de contrato

informal en el cual la producción se distribuye en función a las aportaciones (predio, trabajo y capital) que realizan los socios contratantes. La mediería es un arreglo contractual informal menos frecuente, en el cual el dueño de la tierra y el aparcerero aportan cantidades de recursos similares para cubrir los costos y las ganancias son repartidas en porcentajes iguales (50.0% y 50.0%). La mediería se presenta de manera más común en la zona que se conoce como la *Barranca* en el municipio de Tequila.

Los contratos convierten en arrendatarias a las industrias demandantes de materia prima y en arrendadores a los agaveros propietarios de tierras y en jornaleros eventuales en sus propias tierras. Las industrias presionan a los agaveros a firmar contratos que frecuentemente incumplen poniendo como pretexto la supuesta sobreoferta de materia prima para pagar un precio menor al pactado en el contrato. Al final, el riesgo de la producción de primaria es asumido por los agaveros con la esperanza de vender al precio pactado en los contratos (Orozco, 2011), sin embargo, a veces el precio es tan bajo al momento de la jima<sup>6</sup> que no les permite recuperar los gastos.

### **Ventajas, desventajas y dependencia de contratos de arrendamiento**

Al profundizar en el análisis de los contratos, se encontró una gran diversidad de opiniones entre los autores respecto a las ventajas y desventajas de las relaciones contractuales formales e informales en la cadena productiva Agave-Tequila. Primero se presentan las opiniones positivas y posteriormente las negativas respecto a los contratos Coelho (2007) y Castillo y Coelho (2007) resaltan que una de las principales ventajas de los contratos entre agaveros y las empresas tequileras es que permite reducir el intermediarismo o “coyotaje” y la incertidumbre sobre la producción, debido a que se generan inversiones “más seguras” a largo plazo, especialmente porque el ciclo biológico del agave es de 8 años. Sin embargo, cuando los agaveros no cuentan con registro fiscal para facturar la producción a las tequileras, entonces los intermediarios son quienes realizan las operaciones comerciales, comprando a los productores y vendiendo a

---

<sup>6</sup> Jima: se le denomina a la cosecha de las piñas de agave.

las destiladoras. En este proceso, el intermediario establece las condiciones de compra y la forma de pago que vincula a los agaveros con las destiladoras (Llamas, 1999; Barrera y Sánchez, 2003).

En ese mismo sentido, Gerritsen *et al.* (2011) señalan ventajas para los agaveros bajo contrato en comparación con los productores independientes, tales como: mercado asegurado, paquetes tecnológicos y seguridad financiera para el cultivo. A su vez, Macías (2001) indica que los contratos son favorables para el agricultor, pues recibe un ingreso superior por agave que el obtenido por el cultivo de maíz; otro punto importante es la sinergia entre los actores involucrados con el objetivo de garantizar al mercado la materia prima en el mediano plazo (5 o 6 años). Del mismo modo, Nava *et al.*, (2006) en su estudio también encontraron efectos positivos como: niveles mejores de bienestar social, empleo e ingreso para los agaveros.

Como se observa, son diversos factores positivos señalados por varios autores, sin embargo, cuando se revisan los aspectos negativos, la lista de factores es mucho más larga.

En términos económicos, los contratos permiten estabilizar las relaciones comerciales entre agaveros e industrias y reduce el riesgo económico, a cambio de que la industria someta a los productores primarios por medio del financiamiento (Macías y Valenzuela, 2009). Otro factor negativo, que genera conflictos en los contratos entre industria y productores, es que no se estipulan algunos costos, por ejemplo el precio de los hijuelos (Nava *et al.*, 2006), que pueden representar gastos importantes para los agaveros.

Orozco (2010) señala diversos problemas con los contratos debido a tres causas: 1) el riesgo propio de las actividades agrícolas (ambientales) aunado al ciclo biológico tan largo del agave (8 años); 2) en períodos de escasez, hay incumplimientos por parte de las tequileras cuando el precio del mercado es más alto de lo acordado y 3) el precio es menor del precio pactado en períodos de sobreoferta.

Las consecuencias negativas son aún más graves en términos productivos y ecológicos. Ha sido ampliamente documentado (Macías, 2001; Nava *et al.*, 2006; Valenzuela *et al.*, 2007; Bowen y Gerritsen, 2007; Gerritsen *et al.*, 2011; Bowen 2012; Zizumbo *et al.* (2013) y Hernández, (2014) que los contratos de arrendamiento ha provocado la expansión del monocultivo del agave. Algunos de los problemas provocados por el monocultivo del agave han sido: pérdida de suelos por erosión por excesivo laboreo o poca cubierta vegetal; contaminación por el uso intensivo de herbicidas y en menor medida fertilizantes químicos; reducción de la diversidad de cultivos alimentarios en zonas donde se practicaba agricultura tradicional y de policultivos; presencia de problemas fitopatológicos porque al agave tiene un ciclo muy largo.

En términos culturales, los contratos promovidos entre agaveros e industrias tequileras han provocado la pérdida del conocimiento tradicional del agavero-tequilero (Bowen y Valenzuela, 2006; Bowen, 2012) y la reducción de la diversidad de cultivos alimentarios tradicionales (Nava *et al.*, 2006).

Frente a esta situación, surgen algunos cuestionamientos sobre los contratos ¿todos los tipos de contratos generan la misma dependencia de los agaveros respecto a la industria? ¿Hay contratos de comercialización y arrendamiento que contribuyan a minimizar la dependencia y los efectos ecológicos, agrícolas y culturales negativos? y ¿cuáles son las diferencias actuales entre los diferentes esquemas de contratación?

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Área de estudio**

El estudio se realizó en el municipio de Tequila, estado de Jalisco, México, que cuenta con 173 localidades. Está situado a una altitud entre los 500 y 2900 msnm. Los principales climas son: cálido subhúmedo y semicálido, la temperatura oscila entre 14 y 26 °C, con una precipitación de 700-1100 mm anuales y suelos dominantes Leptosol y Luvisol.

## **Instrumentos de recolección de información**

Se diseñó un cuestionario precodificado y estructurado dirigido a productores de agave que contenía: las características demográficas de los agaveros y sus predios plantados con agave; el tipo de contrato de agaveros (arrendamiento, aparcería o mediería) y las condiciones para contratantes; labores de cultivo y sus costos por año del ciclo agrícola, insumos y servicios para el cultivo; entre otros.

## **Muestra de productores de agaveros**

Se tomó como marco muestral el padrón de agaveros elaborado por el Ayuntamiento de Tequila en 2007 y que fue actualizado en 2015, el cual estaba compuesto por 101 productores.

El cálculo del tamaño de la muestra se realizó con la siguiente fórmula de varianza máxima (Gómez, 1977):

$$n = \frac{N Z^2 \alpha/2 p_n q_n}{N d^2 + Z^2 \alpha/2 p_n q_n}$$

Donde:

$N$  = Tamaño de la población = 101

$d$  = Precisión = 10% (0.1%)

$Z_{\alpha/2}$  = Confiabilidad. Valor de Z (distribución normal) = 95% (1.96%)

$p_n$  = 0.5%

$q_n$  = 0.5%

$n$  = 49.21  $\approx$  50 productores agaveros

La muestra de productores (50) fue dividida en dos submuestras: 1) productores con algún tipo de contrato de compraventa (19) y 2) los productores independientes (31). Los productores de la primera submuestra fueron a su vez divididos según el tipo de contrato: a) Arrendatarios (10) de los cuales, 3 son Arrendatarios y 7 Arrendadores, b) Aparceros (6) y c) Medieros (3).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características generales de los productores de agave y sus predios

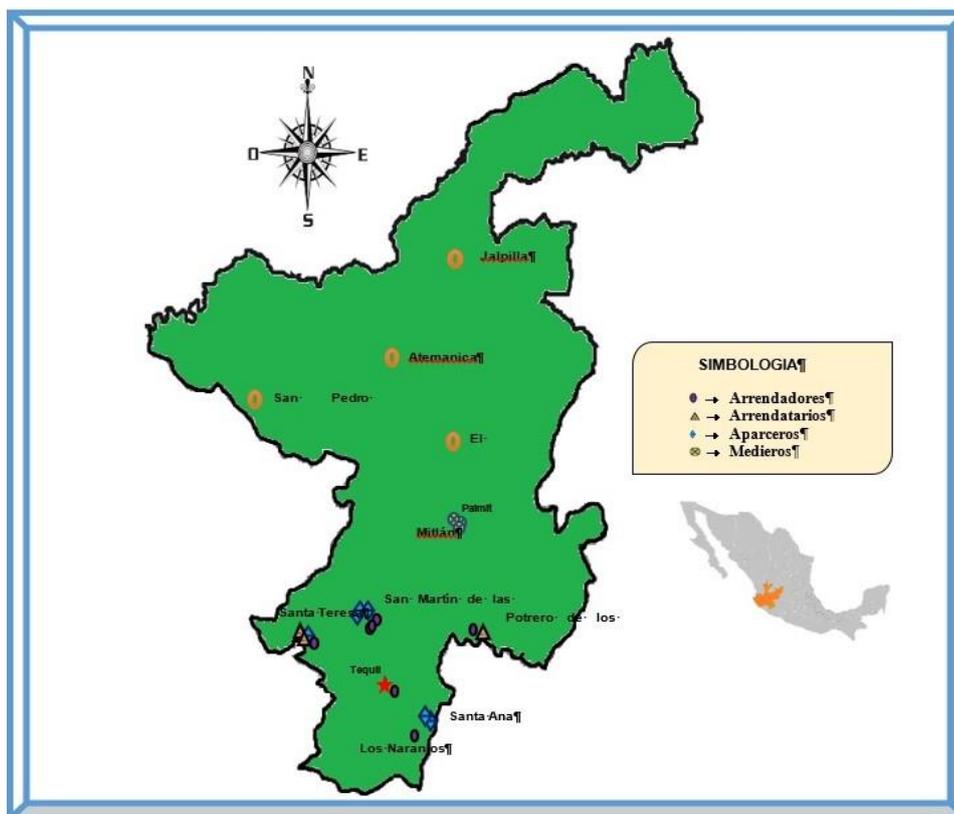
El número de predios por productor de agave oscila entre 1 a 4, con un promedio de 1.8. Más de la mitad son ejidatarios (68.4%). La superficie promedio es de 6.3 hectáreas que fluctúa de 1 a 16 has. Mientras más pequeñas son las unidades de producción es menor la dependencia de ingresos derivados de las actividades agrícolas (López, 2006) que es un factor importante en la toma de decisiones para arrendar las tierras. Los productores recurren al arriendo o a la diversificación de cultivos entre menor sea la superficie o número de predios.

González (2007) indica que la tenencia de la tierra en el municipio de Tequila en su mayoría corresponde a la propiedad privada, con grandes extensiones que en la actualidad son propiedad de las empresas tequileras. Los orígenes de esta situación datan desde el siglo XIX, los estudios de Navarro y Goyas (2011) asientan el despojo de la población indígena en 1882 por medio de una Comisión de Bienes Indígenas en complicidad con autoridades municipales dirigidas por las familias Cuervo, Romero y Sauza, quienes se apropiaron de enormes propiedades en la región de Tequila. Por su parte, Llamas (1999) señala que debido al reparto de terrenos en el periodo posrevolucionario a los nuevos propietarios les resultó incosteable plantar agave y se dedicaron al cultivo de granos básicos.

Del total de los entrevistados, el 62% no cuentan con ningún tipo de contrato con alguna destiladora, sin embargo, el 38% se encuentra bajo un esquema de contrato formal o informal. Los productores que tienen un convenio o contrato con empresas tequileras grandes o medianas se distribuyen de la siguiente manera: el 36.8% es arrendador, el 15.8% es arrendatario, el 31.6% es aparcerero y el 15.8% son medieros.

Se identificó un patrón de distribución por zonas de los esquemas de contrato: el arrendamiento y la aparcería se localiza en mayor proporción cerca de la cabecera municipal y por ende a las destiladoras. La mediería se confina en la

parte de la barranca y zona norte del municipio, como se muestra en la Figura 8. Esto tiene una distribución semejante a lo reportado por INEGI (2012) en el Censo Agropecuario 2007 sobre los derechos de la tierra en la región Valles. Dichos datos indican que el 74.7% de la superficie es propia, 21.3% es rentada y las tierras trabajadas a medias, en aparcería, prestadas o con otros derechos representaron el 4.0%. Además las Unidades Productoras de Agave (UPA) recurren mayormente al arrendamiento (21.7% de la superficie ocupada por las UPA).



**Figura 8. Ubicación de los esquemas de contrato en Tequila**

Fuente: Elaboración propia con base a resultados de encuestas

### **El Arrendamiento: los Arrendatarios y Arrendadores**

En el arrendamiento convergen los arrendatarios (los cuales rentan tierras para plantar agave) y los arrendadores (dueños de parcelas que rentan principalmente a destiladoras), denominado arrendamiento a la inversa. Los arrendatarios representan el 15.8%, estos productores rentan tierras a otros productores para cultivar agave o maíz.

Del total de encuestados el 20% refirió ser dueño de una *taberna*<sup>7</sup>, dichos productores son demandantes de agave por ello efectúan “tratos de palabra” y no contratos legales con algunos agaveros para la compra de la producción. Los montos de renta que pagan los arrendatarios agaveros oscilan de \$3,000.00 a \$6,000.00 ha año<sup>-1</sup>, con una media de \$5,000.00 ha año<sup>-1</sup>, los costos dependen de la proximidad a la cabecera municipal y el estado físico de los predios.

Los arrendatarios financian en su totalidad la inversión de los costos de la plantación, incluido el pago de la renta del terreno. El arrendamiento es un convenio en donde los arrendadores reciben como beneficio económico el pago de la renta y los arrendatarios se quedan con todo el producto final. Adicionalmente, los arrendatarios permiten sembrar maíz o frijol y pastorear ganado a los dueños de la tierra.

Los arrendadores (36.8%) rentan sus tierras principalmente a las industrias grandes y en algunos casos a destiladoras medianas. La mayoría indicó que no poseen contratos, aunque hay unos cuantos que si tienen contratos. Los dueños de las tierras no pueden pastorear su ganado ni pueden sembrar otros cultivos en este tipo de esquemas de contratación. La tequilera se obliga a sufragar los costos de insumos, mano de obra, plántula y maquinaria. En ocasiones los dueños de las tierras trabajan como jornaleros en las plantaciones de agave de sus propias tierras.

Los contratos de arrendamiento son por 6 o 7 años que dura el ciclo biológico del agave hasta alcanzar su madurez para ser jimado. En este sentido, los modelos de contratos de arrendamiento del agave deben reflejar las necesidades de producción del ciclo productivo completo (períodos de preparación de tierras, manejo de cultivos, cosechas), y los flujos de liquidez para producir.

Dada la complejidad de elaborar una matriz sobre el cálculo beneficio-costos en los diferentes esquemas de contrato, labores de forma tradicional y manejo de las plantaciones y precios oscilantes (piña e hijuelo), se estimó un aproximado de

---

<sup>7</sup> Establecimiento o espacio dónde se elabora tequila de forma artesanal.

costos de inversión y utilidades apoyados en datos de la encuesta a productores agaveros y de fuentes secundarias como Valenzuela (2003), Cota (2009), Hernández (2014) y SAGARPA (2015).

El cálculo de arrendamiento de predios por parte de las tequileras se realizó tomando como referencia, tanto el precio máximo, medio y mínimo de renta en un ciclo de 6 años, con un rendimiento promedio de 105 ton ha<sup>-1</sup> <sup>8</sup> y el precio promedio es \$5.00 kilo<sup>-1</sup>. Por lo tanto, el monto promedio de renta para hacer los cálculos es de \$5,393.75 ha<sup>-1</sup>, dando como resultado una utilidad total de \$32,362.50 ciclo<sup>-1</sup> más el 5.0%<sup>9</sup>, por lo tanto el ingreso total es **\$58,612.50** ha<sup>-1</sup>. Mientras que en el caso de renta máxima de \$51,000.00 ha<sup>-1</sup> más el 5.0% de la producción total es de **\$77,250.00** ha<sup>-1</sup> con una diferencia entre el precio medio y máximo de \$18,637.50 ha<sup>-1</sup> a precios corrientes.

**Cuadro 8. Costos de arrendamiento de las tequileras**

<b>Concepto de costo de renta</b>	<b>Precio promedio</b>	<b>Utilidad por renta (6 años)</b>	<b>Más 5% al final de la jima</b>	<b>Total</b>
Costo de Renta máximo	\$8,500.00	\$51,000.00	\$26,250.00	\$77,250.00
Costo de Renta promedio	\$5,393.75	\$32,362.50	\$26,250.00	\$58,612.50
Costo de Renta mínimo	\$3,400.00	\$20,400.00	\$26,250.00	\$46,650.00

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la encuesta realizada en 2014-2015.

Los costos de producción se calcularon utilizando la media para los tipos de productores en régimen de mediería, aparcería y arrendamiento y bajo los supuestos siguientes: a) el peso promedio por piña (35 kilos), b) costo por kilo (\$6.00), c) densidad de plantas (3,000 ha<sup>-1</sup>) y d) costos de mantenimiento. En los cuadros 9 y 10 se presentan las estimaciones de costos de inversión y producción.

<sup>8</sup> Este dato se obtuvo multiplicando la densidad de plantas (3,000) y el peso promedio de la piña (35 kilos).

<sup>9</sup> Porcentaje que recibe el arrendador en la jima del valor total de la producción.

**Cuadro 9. Costos de inversión y producción en los diferentes esquemas**

Rubro	Arrendatarios	Arrendadores	Aparceros	Medieros
Renta	\$30,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Preparación de terreno	\$3,000.00	\$0.00	\$3,000.00	\$3,000.00
Labores culturales	\$2,300.00	\$0.00	\$2,300.00	\$2,300.00
Plantación (hijuelos)	\$15,000.00	\$0.00	\$15,000.00	\$0.00
Mantenimiento (control de maleza, enfermedades y plagas)	\$9,000.00	\$0.00	\$9,000.00	\$9,000.00
Insumos	\$15,000.00	\$0.00	\$20,000.00	\$20,000.00
Mano de obra	\$8,000.00	\$0.00	\$8,000.00	\$5,000.00
Jima	\$15,750.00	\$0.00	\$15,750.00	\$15,750.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$98,050.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$73,050.00</b>	<b>\$55,050.00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la encuesta realizada en 2014-2015

**Cuadro 10. Costo total de producción y utilidades en los diferentes esquemas**

	Arrendatarios	Arrendadores	Aparceros	Medieros
a. Inversión	\$98,050.00	\$0.00	\$73,050.00	\$55,050.00
b. Valor de la producción	\$525,000.00	\$58,612.50 <sup>2/</sup>	\$525,000.00	\$525,000.00
c. Utilidad por hectárea (b-c)	<b>\$426,950.00</b>	<b>\$58,612.50<sup>2/</sup></b>	<b>\$451,950.00</b>	<b>\$469,950.00</b>
d. Valor de la producción compartido con el dueño de la tierra			\$180,780.00	\$227,475.00
e. Ingreso neto (c-d)	<b>\$426,950.00 <sup>1/</sup></b>	<b>\$58,612.50<sup>2/</sup></b>	<b>\$271,170.00 <sup>3/</sup></b>	<b>\$242,475.00 <sup>3/</sup></b>
f. Relación B/C	4.35		3.71	4.40

<sup>1/</sup> No hay división de la utilidad, por lo que el ingreso es total para el arrendatario (quien generalmente es una industria tequilera).

<sup>2/</sup> (\$32,362.50 de renta promedio año<sup>-1</sup> más \$26,250.00 que es 5% del valor de la producción \$525,000.00).

<sup>3/</sup> El ingreso del aparcerero y del mediero se determina restándole a la utilidad lo que se queda el dueño de la tierra.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la encuesta realizada en 2014-2015.

El cálculo de referencia muestra que los arrendatarios tienen la mayor utilidad pese a que costean la renta de tierras para plantar agaves. La razón es que el total de la producción es comercializada sin intermediarios, mientras que los medieros y aparceros tienen que dividir la utilidad con los dueños de la tierra en

porcentajes<sup>10</sup> acordados al inicio de la plantación, aun así el margen de ganancia es bueno. En cuanto a los arrendadores el ingreso neto es menor, sin embargo no se arriesga la producción ni invierten en los costos de la plantación y las labores de cultivo.

Las destiladoras que rentan son Tequila Cuervo (siendo esta con los más altos precios de renta), Agave Jalisco y Herradura. Muchos agricultores arrendan sus tierras a los contratistas independientes que trabajan para las grandes empresas de tequila como José Cuervo (Bichsel *et al.*, 2005). Al igual que los arrendatarios, el valor de renta depende de la ubicación geográfica, pues es más costoso para las destiladoras cuando los predios se encuentren más cerca de la cabecera municipal o a orilla de la carretera.

Los arrendadores aluden que rentan sus tierras por diversos factores: 1) la edad adulta y/o avanzada, 2) persistencia de sus descendientes en la actividad agavera y 3) la seguridad de un ingreso económico. De acuerdo a Nava *et al* (2006), los productores rentan sus parcelas debido a la edad avanzada y/o problemas de salud. No obstante, en el presente estudio la edad promedio de los agaveros es de 55 años, la cual es una edad adulta aun con capacidad física para trabajar en el campo.

### **La aparcería y su desplazamiento**

La aparcería en la cadena agave-tequila es un tipo de acuerdo informal en el cual ambas partes aportan recursos para la producción de agave y al final se hace el reparto de la cosecha entre el dueño de la tierra y el aparcerero. En la aparcería, la producción de agave se distribuye de forma equitativa o en la forma que le convengan a ambas partes, dependiendo de las aportaciones que cada parte haga en trabajo, capital, tierras e instrumentos. El propietario renta su predio a la empresa y regularmente se convierte en jornalero, y al término del ciclo se divide la producción en porcentajes acordados antes de hacer la plantación.

---

<sup>10</sup> Porcentajes de ganancia entre medieros es de 50%. En la aparcería, los aparceros que trabaja la tierra obtienen el 60% y 40% para la empresa tequilera.

La aparcería actualmente ha sido desplazada por los contratos de renta debido a la incertidumbre del precio del agave. Si bien hay una certeza en la comercialización no hay garantías en el precio de la cosecha, pues este no es fijo, es decir dichos contratos garantizan la compra del agave, pero este se liquida en función al precio del mercado al momento de la jima, lo que varía significativamente de un año a otro, por ejemplo en 2005 fue de \$1.00 kg<sup>-1</sup> y en 2015 llega hasta \$6.00 kg<sup>-1</sup>. Macías (2001) reporta en el Sur de Jalisco que en este tipo de contrato, el agricultor recibe los hijuelos del agave del industrial, realiza la siembra y cosecha. La producción de piñas se divide en 85.0% para el agavero y 15.0% para el industrial, quien tiene preferencia para comprar el resto a precio actual.

Las principales destiladoras que recurren a la aparcería son: Destiladora Guadalajara, Agave Jalisco, Sauza y Sierra. Sólo la empresa Agave Jalisco cuenta con las dos modalidades (Cuadro 11). Aunque no se encuestó ningún productor en arrendamiento con Sauza, algunos mencionaron que la tequilera utiliza este esquema.

**Cuadro 11. Principales tequileras que arriendan y costos**

Tequilera	Número	Tipo de contrato	Costos (\$)/Porcentajes <sup>1/</sup>
Cuervo	4	Arrendamiento	7,500-8,500
Destiladora Guadalajara	2	Aparcería	35-65
Agave Jalisco	2	Aparcería/Arrendamiento	60-40/3,500
Sauza	1	Aparcería	20-80
Sierra	1	Aparcería	60-40
Herradura	1	Arrendamiento	3,400

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la encuesta realizada en 2014-2015.

<sup>1/</sup> Los porcentajes en orden son: 1) empresa y 2) agavero

Un punto importante en este modelo de contrato agrícola es la escasa o nula restricción que se ejerce sobre el aparcerero de parte de la destiladora, pues no existe ningún tipo de prohibición en los predios, por ejemplo para intercalar cultivos entre las hileras de los agaves o pastorear el ganado del dueño de la parcela. En este sentido, la aparcería no fomenta el monocultivo, y es decisión del agavero intercalar o no otros cultivos, aunque la mayoría sólo cultiven agave.

La inseguridad del precio final de la cosecha es una constante en este patrón de convenios, por lo tanto el arrendamiento se presenta como un esquema más seguro en cuanto a ingreso fijo. Los costos ambientales de los contratos pueden llegar a ser muy altos debido a que los productores ya no realizan prácticas que reduzcan el deterioro de los suelos o mejoren la calidad del suelo. No obstante, algunos agaveros se resisten a rentar sus predios y perder el acceso a sus tierras y a un ingreso diversificado, que aunque incierto pueden obtener al producir otros cultivos, algunos indicaron que a los terrenos “no se les da el mantenimiento como lo harían ellos mismos”. En este sentido, Gerritsen *et al.* (2011) destacan la importancia de que los productores sean propietarios de las tierras que trabajan, ya que incentiva la concientización por el cuidado del suelo a largo plazo y genera autonomía en la toma de decisiones en las labores agrícolas.

### **La vigencia de la mediería**

Esta modalidad se presenta en la zona de la barranca y la parte alta del municipio. La presencia de la mediería se debe a que los predios se encuentran alejados de la cabecera municipal, aunque pueden estar cercanos a las tabernas en donde comercializan su producción.

En este esquema de convenio, el dueño de la tierra y el mediero se dividen a partes iguales (50.0% y 50.0%) el producto cosechado y convienen hacer aportaciones casi iguales de recursos en efectivo o productos en especie para realizar las labores de producción. Esta distribución de porcentajes puede modificarse en común acuerdo entre el dueño de la tierra y el mediero. Frecuentemente, la aportación<sup>11</sup> en mano de obra del dueño del predio es nula, porque al aportar la tierra se le pone un precio al uso de la tierra y el mediero debe poner un equivalente en dinero o en especie.

Otra característica importante es que el mediero y el dueño comparten la dirección y administración de la gestión agrícola. La división del producto cosechado se pacta desde el inicio del trato. Se distribuyen los surcos o melgas

---

<sup>11</sup> Aportación propietario: tierra, hijuelos, cercado, etc. y aportación del mediero: labores de cultivo, insumos e instrumentos.

de agave por hectáreas, pueden ser tres o cuatro dependiendo de la forma del terreno, cuando el agave está listo para cosecharse. El propietario del terreno y el mediero pueden cosechar cada quien por su lado los surcos que les corresponden o bien de forma conjunta. Si el dueño o el asociado consiguieron comercializar las piñas, se puede jimar antes del término del contrato o ciclo. En este esquema se permite el pastoreo y la asociación de cultivos en todo el predio. La repartición de los agaves en porcentajes es generalmente de 50.0% y 50.0%, pero también puede haber acuerdos de 35.0%-65.0%.

El acceso de los dueños a su propia tierra es un tema central cuando se refiere a esquemas contractuales, debido a que depende de ello el buen manejo de los predios. Los esquemas de arrendatarios y mediería permiten a los dueños el acceso a sus tierras y a diversificar cultivos. Mientras que los aparceros mantienen ciertas limitaciones respecto al acceso a la tierra. En los contratos de arrendamiento, la situación de los arrendadores es totalmente distinta porque los dueños de la tierra tienen restricciones de acceso al uso de sus tierras para realizar actividades agrícolas y ganaderas (Cuadro 12).

**Cuadro 12. Principales ventajas y desventajas de los esquemas de contrato**

Factores	Arrendadores dueños	Arrendatarios	Aparceros	Medieros
Edad	Mayor porcentaje	Indistinto	Indistinto	Indistinto
Ingreso fijo	Asegurado	Inseguro-incierto	Asegurado con reserva en el precio	Inseguro-incierto
Actividades adicionales	Nula-prohibido	Permitido	Permitido c/restricciones	Permitido
Obtención de productos (maíz, frijol, hijuelos)	Nulo-excluido	Si	Si	Si
Pastoreo	Nulo-prohibido	Permitido	Permitido c/restricciones	Permitido

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la encuesta realizada en 2014-2015.

## CONCLUSIONES

Hay una distribución territorial diferenciada de los tipos de contratos. Las tierras arrendadas y la aparcería están más cerca de la cabecera municipal y de las industrias. La mediería se ubica en la zona norte y la barranca del Municipio de Tequila, Jalisco.

La integración vertical de la cadena productiva agave-tequila ha hecho que las empresas tequileras grandes controlen todos los eslabones de la cadena (producción agrícola, elaboración del producto y comercialización). Las consecuencias han sido la pérdida del conocimiento tradicional, expansión del monocultivo, consecuencias ecológicas negativas, nulo acceso de los dueños a sus propias tierras, control de precios del producto y de los insumos.

La comercialización garantizada de las cosechas de agave es indudablemente el factor económico más atractivo para los agaveros al aceptar los contratos de arrendamiento. Otros factores que influyen en la propensión a rentar sus tierras son la avanzada edad de los dueños y la escasez de mano de obra para las labores requeridas en las plantaciones de agave.

La aparcería y mediería son esquemas de contratación informales que permiten una relación más personal entre ambos contratantes (dueño de la tierra-aparceiro y dueño de la tierra-mediero), quienes se ven a sí mismos como socios con un interés común. En el arrendamiento el único interés que cuenta es el del arrendatario.

El factor común entre la aparcería y la mediería es el acceso de los dueños de la tierra a sus predios. La diferencia radica en las aportaciones hechas por los contratantes y los acuerdos porcentuales para dividir la producción de agave.

El arrendamiento fomenta el monocultivo, daños productivos y ecológicos por el empleo de prácticas no sustentables. La aparcería y mediería permiten los policultivos.

## LITERATURA CITADA

- Barrera, Gerardo y Carlos Sánchez. 2003. Caracterización de la cadena agroalimentaria/agroindustrial nacional e identificación de sus demandas tecnológicas: Agave. Fundación Produce Jalisco. 56 p.
- Bichsel, Christine, Silvia Hostettler y Balz Strasser. 2005. "Should I buy a cow or a TV?" Reflections on the conceptual framework of the NCCR North-South based on a comparative study of international labor migration in Mexico, India and Kyrgyzstan. NCCR North-South dialogue, NCCR North-South. Berne. 60 p.
- Bowen, Sarah y Ana Valenzuela. 2006. Denominations of Origin and socioeconomic and ecological sustainability: the case of Tequila. Ponencia presentada en el III Congreso Internacional de la Red SIAL, realizado el 18 al 21 de octubre, en España.
- Bowen, Sarah y Peter Gerritsen. 2007. Socioeconomic and Ecological forces driving the expansion of *Agave* cultivation in Southern Jalisco, Mexico. *In*: Antonio Vázquez, Yalma Vargas y Sara Saldívar (Comps.). *Agaves del Occidente de México*. pp. 180-198. México. Universidad de Guadalajara-CUCBA, CRT, CIATEJ, LSU y CONAFOR.
- Bowen, Sarah. 2012. Las indicaciones geográficas, la globalización y el desarrollo territorial: el caso del tequila. *Agroalimentaria*. Vol. 18, Núm. 34, enero-junio. pp. 91-103.
- Castillo, Víctor y Alfredo Coelho. 2007. Dinámicas de la cadena agave-tequila. Tendencias y adaptación a la globalización. *In*: Antonio Vázquez, Yalma Vargas y Sara Saldívar (Comps.). *Agaves del Occidente de México*. pp. 160-182. México. Universidad de Guadalajara-CUCBA, CRT, CIATEJ, LSU y CONAFOR.
- CEFP (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas). 2001. La agroindustria azucarera en México. Cámara de Diputados. H. Congreso de la Unión. CEF/039/2001. México. 34 p.
- Cota, Francisco. (2009). Manual técnico. *Agave Azul, su manejo*. Plan Agrí-Agaves. 2º edición, Guadalajara, Jalisco. GROPE. 82 p.
- Coelho, Alfredo. 2007. Eficiencia colectiva y upgrading en el clúster del tequila. *Análisis Económico*. Vol. 42, Núm. 49. pp. 169-194.

- CRT (Consejo Regulador del Tequila). 2017. Información Estadística. Disponible en: <https://www.crt.org.mx/EstadisticasCRTweb/>. Consultado el 11 de marzo de 2017.
- Chirinos, Alina, Guillermo Rodríguez y María Elena Bonomie. 2008. Integración Vertical de la Cadena de Valor del Sector Avícola en el Estado Zulia. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*. Vol.14, Núm.1, junio 2008. pp. 175-193.
- Echánove, Flavia. 2000. La industria mexicana de hortalizas congeladas y su integración a la economía estadounidense. *Investigación Geográfica*. Núm. 43, diciembre 2000. pp. 105-121.
- Gerritsen, Peter, Jesús Juan Rosales, Arturo Moreno y Luis Manuel Martínez. 2011. Agave Azul y el desarrollo sustentable en la cuenca baja del río Ayuquila, Costa Sur de Jalisco (1994-2004). *Región y Sociedad*. Vol. 23, Núm. 51. pp. 161-192.
- González, Valentina. 2015. Tequila rompe récord de exportación en 2014. *Revista Manufactura*. Febrero 2015. Disponible en: <http://www.manufactura.mx/industria/2015/01/14/tequila-rompe-record-de-exportacion-en-2014>. Consultado: 12 de agosto de 2016.
- González, Ángel. 2007. Plan municipal de Desarrollo Rural Sustentable de Tequila Jalisco. Gobierno del Estado de Jalisco. Secretaría de Desarrollo Rural (SEDER), municipio de Tequila, Secretaría de Agricultura, Ganadería Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Guadalajara, Jalisco, México. 64 p.
- Hernández, José de Jesús. 2014. La jornalización en el paisaje agavero. *Actividades simples, organización compleja*. México, D. F: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. 218 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2012. El cultivo del agave tequilero en Jalisco. *Censo Agropecuario 2007*. 73 p.
- Jáuregui, Jesús, Murilo Kushchick, Hilario Itriago y Ana Isabel García. 1980. *Tabamex: un caso de integración vertical de la agricultura*. Primera edición, México, D. F: Nueva Imagen. 380 p.
- Llamas, Jorge. 1999. La política del agave. *Estudios Agrarios*. Núm. 13. Septiembre-diciembre 1999. pp. 9-29.

- López, Francisco. 2006. La política agropecuaria en México. Claridades Agropecuarias, Núm. 155. Julio. pp. 3-13.
- Luna, Rogelio. 2011. Análisis del mercado nacional y norteamericano del tequila. Continuidades y tendencias recientes. Carta Económica Regional. Año 23/24, Núm. 108/110, junio 2011- diciembre 2012. pp. 37-58.
- Macías, Alejandro y Ana Valenzuela. 2009. El tequila en tiempos de la mundialización. Comercio Exterior, Vol. 59, Núm. 6. pp. 459-472.
- Macías, Alejandro. 2001. El clúster en la industria del Tequila en Jalisco, México. Agroalimentaria. Vol. 13, Núm. 13. pp. 57-72.
- Makinlay, Horacio. 2011. La agroindustria del tabaco en México y la formación de la empresa paraestatal Tabamex: 1920-1972. Polis. Vol. 7, Núm. 2. pp. 213-262.
- Massieu, Yolanda. 2000. Estrategias empresariales globales y agroexportaciones mexicanas: ahora el tequila. El Cotidiano. Vol. 16, Núm. 99. pp. 103-112.
- Monge, María Fernanda. 2012. Análisis de la cadena productiva de Tequila: el caso de Jalisco. Tesis de Licenciatura de Economía. UAM, Azcapotzalco. 72 p.
- Monroy, Benito, Eulogio Pimiento, Salvador Hurtado y Javier García. 2005. Efecto competitivo de la maleza sobre el crecimiento y la respuesta fisiológica de agave (*Agave tequilana* Weber var. Azul) en la región de Tequila, Jalisco, México. Scientia-CUCBA, Vol. 7, Núm. 2, diciembre 2005. pp. 113-130.
- Nava, Arturo, Arturo Moreno, Peter Gerritsen y Jesús Rosales. 2006. El agave en Tonaya, Jalisco: tradición vs globalización. Carta Económica Regional, Año 19, Núm. 97. pp. 3-9.
- Navarro, Angélica y Ramón Goyas. 2011. Las tierras de los pueblos en la región Valles de Jalisco, de la Independencia a la Revolución Mexicana. Estudios Agrarios. Núm. 53-54. pp. 177-197.
- Orozco, José. 2010. La globalización y su relación con la competitividad de la industria del Tequila. In: Claudia Gómez, Floriberto Miguel, José Orozco y María Alanis (Coords.). Propiedad industrial como herramienta competitiva frente a la globalización: el caso del tequila y el Consejo Regulador Tequila en México. pp. 143-167. México: Universidad de Guadalajara.
- Orozco, José. 2011. Las relaciones de poder en los intercambios comerciales de la cadena, productiva del tequila y su incidencia en la competitividad de la

- rama industrial. Tesis doctoral, Doctorado en Estudios Científico Sociales. Tlaquepaque, Jalisco: ITESO. 249 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. Agenda Técnica Agrícola de Jalisco. 124 p.
- SIAP (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera). 2017. Anuario estadístico de la producción Agrícola. Disponible en:  
[http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/ientidad/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/ientidad/index.jsp). Consultado el 11 de marzo de 2017
- Tamayo, Patricia y Juan Piñeros. 2007. La telefonía de larga distancia: Antecedentes y Perspectivas. Integración vertical. Integración horizontal. *Ecos de Economía*, Núm. 24, abril 2007. pp. 20-45.
- Valenzuela, Ana. 2003. *El Agave tequilero. Cultivo e industria en México*, Mundiprensa: México, 3ª. Edición. 215 p.
- Valenzuela, Ana, Philippe Marchenay, Laurence Berard, y Rahim Foroughbakhch. 2007. Conservación de la diversidad de cultivos en las regiones con Indicadores Geográficas: los ejemplos del tequila, mezcal y calvados. *In: Vázquez, Antonio, Yalma Vargas y Sara Saldívar (Comps.). Agaves del Occidente de México*. pp. 164-181. México. Universidad de Guadalajara-CUCBA, CRT, CIATEJ, LSU y CONAFOR.
- Valenzuela, Ana y Marie Gaytán. 2009. La expansión tequilera y las mujeres en la industria: del símbolo al testimonio. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, Vol. 9, Núm. 18. pp. 167-195.
- Victoria, María Adriana. 2011. Integración vertical para la cadena de valor en los Agronegocios. *Estudios Agrarios*. Núm. 49, Año 17, Octubre-diciembre. pp. 71-95.
- Zizumbo, Daniel, Ofelia Vargas, Jesús Juan Rosales y Patricia Colunga. 2013. Sustainability of the traditional management of *Agave* genetic resources in the elaboration of mezcal and tequila spirits in western Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 60(1):33-47.

**CAPÍTULO VIII.**  
**EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE DOS TIPOS DE**  
**MANEJO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE *Agave tequilana***  
**Weber var. Azul**

**SUSTAINABILITY EVALUATION OF TWO TYPES OF PRODUCTION SYSTEM**  
**MANAGEMENT OF *Agave tequilana* Weber Var. Azul**

**RESUMEN**

El agave es la principal materia prima en la producción del tequila, que es la bebida más representativa de México. La industria tequilera ha promovido que la mayor parte del agave se produzca bajo el tipo manejo en monocultivo y ha restringido la producción de agave en policultivo. La presente investigación tiene como objetivo evaluar el grado sustentabilidad del agroecosistema del *Agave tequilana* Weber var. Azul bajo dos tipos de manejo: monocultivo y policultivo con base en 15 indicadores. Se aplicó una encuesta a una muestra aleatoria estratificada de productores de agave del municipio de Tequila y se distribuyó de forma igual en: 25 agaveros que practican monocultivo y 25 policultivo. Se aplicó la metodología denominada Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS). Los resultados indican que el manejo en policultivo presenta valores mayores en 13 de los 15 los indicadores de sustentabilidad que el monocultivo. El policultivo tiene un nivel de sustentabilidad de 76.94% en tanto que el monocultivo de 61.21%. Por lo tanto, la conclusión es que el sistema de manejo en policultivo es más sustentable que el monocultivo.

**Palabras clave:** agroecosistema, indicadores de sustentabilidad, monocultivo, policultivo.

## ABSTRACT

The agave is the main raw material in tequila production, which is the most representative drink of Mexico. The tequila industry has promoted that most of the agave be produced under the monocropping management system and has restricted the agave production under polycropping. This study has as main objective to evaluate the sustainability degree of the *Agave tequilana* Weber var. Azul agroecosystem under two types of management. Monocropping and polycropping based on 15 indicators. A survey was applied to a random stratified sample of agave producers in the municipality of Tequila and was distributed as equal way in: 25 agaveros that practice polycropping and 25 monoculture. The methodology called Framework for the Evaluation of Management Systems incorporating Natural Resources Sustainability Indicators (MESMIS) was applied. The results show that polycropping management presents higher values in 13 out of 15 sustainable indicators than monoculture. Polycropping has a level of sustainability of 76.94% while monocropping has only 61.21%. Therefore, the conclusion is that polycropping management system is more sustainable than monocropping.

**Key words:** Agroecosystem, Sustainability Indicators, Monocropping, Polycropping.

## INTRODUCCIÓN

La evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales es un proceso complejo especialmente cuando se requiere analizar sistemas socioambientales, pues estos sistemas son dinámicos y multidimensionales (Astier *et al.*, 2008). Aun cuando se ha escrito mucho respecto a la sustentabilidad, la evaluación holista de la sustentabilidad debe partir del análisis del nivel básico, local, comunitario o del agroecosistema (World Bank, 1997). Esto significa que cada evaluación debe contener elementos específicos, que consideren el agroecosistema como la unidad elemental en la planeación de la sustentabilidad, por ser un área geográfica definida donde se establecen relaciones sociales, económicas y ambientales (Casas *et al.*, 2008).

El diseño metodológico para evaluar los agroecosistemas se centra en la determinación del estado del agroecosistema y conlleva en la toma de decisiones de manejo de un mismo agroecosistema a través del tiempo, valiéndose de la comparación de dos o más agroecosistemas con diferente manejo (Altieri & Nicholls, 2002) para determinar porque uno es más sustentable que otro.

El manejo del agroecosistema es un elemento básico en el proceso de evaluación de la sustentabilidad. De tal modo que para determinar el grado de sustentabilidad se requiere identificar el tipo y forma de manejo que realiza el productor. Es importante, identificar elementos que conforman el manejo del agroecosistema para derivar índices de sustentabilidad para evaluar las unidades de producción, monitorear agroecosistemas e identificar prácticas ecológicamente adecuadas (Moonen & Bàrberi, 2008; Kumaraswamy, 2012) que se traduzcan en la conservación de los recursos naturales en el largo plazo y la continuidad de los agroecosistemas.

Se han realizado algunos estudios relacionados con la evaluación de la sustentabilidad y la propuesta de indicadores de la sustentabilidad en el cultivo del agave en Jalisco. Moreno *et al.* (2011) realizaron un estudio sobre el agave en la Sierra de Amula y refieren que existen prácticas de manejo que no favorecen la sustentabilidad del sistema agrícola, como el monocultivo. Por su parte, Valenzuela (2007) encontró que la sustentabilidad del agave es afectada principalmente por la disminución de la diversidad de cultivos en un la región Valle de Amatlán. A su vez, Monroy *et al.* (2005) mencionan que los sistemas agrícolas tradicionales destinados a la siembra de cultivos básicos han sufrido la reconversión al cultivo de agave.

Por su parte, Gerritsen *et al.* (2011) puntualizan efectos socioambientales negativos por el crecimiento acelerado del cultivo en la región Costa Sur y concluyen que las tendencias cíclicas de sobreproducción y escasez han originado deterioro en los niveles de productividad del agroecosistema del agave. Zizumbo *et al.* (2013) indican más claramente que en las últimas tres décadas, la industria tequilera ha ocasionado problemas de contaminación, erosión edáfica, genética y el desplazamiento de especies nativas en la región sur de Jalisco.

Los diversos estudios en el estado de Jalisco sobre el cultivo del agave evidencian la fragilidad del agroecosistema como monocultivo respecto a la degradación del suelo, pérdida de la variabilidad genética, aumento de plagas y enfermedades, menor diversidad de especies, uso inadecuado de pesticidas, degradación edáfica, fluctuación del precio de la materia prima, desmotivación de los productores y reconversión de cultivos.

En tanto que los cultivos intercalados muestran ventajas ambientales y productivas frente al monocultivo como lo refieren varias investigaciones en diferentes cultivos, tales como: cebada, avena, lechuga, zanahoria, rábano, trigo, maíz, veza, triticale, frijol, amaranto, gramíneas y otras leguminosas (Seran & Brintha, 2009; Bezerra *et al.*, 2010; Mahapatra, 2011; Esmaeilia *et al.*, 2011; Kitonyo *et al.*, 2013).

Con estos antecedentes, el trabajo de investigación se centró en la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de manejo del *Agave* bajo monocultivo y policultivo. Se diseñaron algunos indicadores que permitieron comparar las dos formas de manejo y determinar en qué aspectos es más sustentable uno u otro.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

**Área de estudio.** El estudio se realizó en el municipio de Tequila en el estado de Jalisco, México. La altitud del municipio oscila entre los 500 y 2 900 msnm y los principales climas son: el cálido subhúmedo y el semicálido; la temperatura fluctúa entre 14 y 26 °C, con una precipitación promedio entre 700 a 1 100 mm anuales; los suelos dominantes son los Leptosol y Luvisol. Estos factores biofísicos hacen posible la producción óptima del agave.

**Técnicas de investigación y muestreo.** El tipo de muestreo fue aleatorio estratificado y se diseñó una encuesta que se aplicó a productores del municipio de Tequila que cultivan el agave bajo dos tipos de manejo de agroecosistema: a) Agave en monocultivo y b) Agave en policultivo. De un universo de 101 productores agaveros, se calculó el tamaño de muestra con una confiabilidad de 95 % y una precisión del 10%, el resultado fue de 49.21  $\approx$  50 productores. Se

realizó una distribución igual de la muestra con 25 agaveros con agave en policultivo y 25 agaveros con agave en monocultivo.

**Indicadores de sustentabilidad.** Los indicadores fueron seleccionados con base en el diagnóstico de la problemática actual de la cadena agave en los diferentes ámbitos y siguiendo las recomendaciones de la propuesta metodológica elaborada por Masera *et al.* (1999) denominada Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporado Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS). La evaluación se basa en comparar dos agroecosistemas: agroecosistema de referencia y agroecosistema alternativo. En el presente estudio se consideró como agroecosistema de referencia a la producción de agave en monocultivo y el agroecosistema alternativo la producción de agave intercalado con cultivos anuales o en policultivo. El estudio fue transversal en el municipio de Tequila, Jalisco durante el periodo 2014-2015.

Se analizaron 15 Indicadores de sustentabilidad de cuatro dimensiones: social (4), económica (4) ecológica (5) y la dimensión política (2).

### **Determinación de los indicadores y ponderación de los valores**

**1) Índice de Prácticas Agroecológicas en *Agave tequilana* (IPAAT).** Se obtuvo a partir de identificar: a) el número de prácticas agroecológicas de manejo del agroecosistema agave, los cuales son: 1) Intercalado de cultivos (policultivo), 2) Incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado, 3) Plantación de agave en curvas a nivel, 4) Obras de conservación de suelo y agua, 5) Rotación de cultivos, 6) Descanso de tierras, 7) Escalonado del cultivo del agave y, 8) Disminución de la aplicación de herbicidas.

Los valores del IPAAT son: Nulo = 0 prácticas, Bajo = 1-2 prácticas, Medio = 3-4 prácticas, Alto = 5 prácticas, Muy Alto = 6-7 prácticas y Excelente = 8 prácticas.

**2) Porcentaje de Materia Orgánica (MO) en plantaciones agaveras.** Se realizó un muestreo de suelos en ambos agroecosistemas. El óptimo se basó en el valor

de referencia: Suficiente (Cuadro 13), propuesto en la metodología del Diagnóstico Diferencial Integrado (DDI) por Uvalle *et al.* (2007).

**Cuadro 13. Porcentaje de materia orgánica en plantaciones agaveras**

Valor	% de MO
Deficiente	Menor que 0.65
Bajo	0.65-1.290
Medianamente bajo	1.291-2.132
Suficiente	2.133-3.024
Medianamente alto	3.025-3.636
Alto	3.637-5.158
Excesivo	Mayor a 5.158

Fuente: Parámetros del % materia orgánica, Uvalle *et al.*, 2007.

**3) Relación Beneficio/Costo.** La Relación Beneficio/Costo se obtuvo mediante el cálculo de: a) los costos de producción de agave en monocultivo solamente y a éste se le sumó el costo de los cultivos intercalados (maíz, frijol y cacahuate) en policultivo y b) Ingresos brutos de producción del agave en monocultivo y de agave en policultivo.

**4) Rendimiento del agroecosistema agave.** La productividad por  $ha^{-1}$  se obtuvo: a) En el monocultivo se generó multiplicando el número de plantas por  $ha^{-1}$  por el peso promedio de las piñas de agave, y b) En el policultivo se sumó la producción de agave a la producción de los cultivos intercalados como el maíz, frijol y cacahuate (durante el periodo de 4 años del total del ciclo). El rendimiento óptimo de referencia en el cultivo del agave es de 140 toneladas con una densidad de plantas de 4 000  $ha^{-1}$  (SAGARPA *et al.*, 2015).

**5) Índice de Diversificación Agropecuaria (IDA).** Este índice considera a todas las especies agrícolas y ganaderas que conviven en un predio en un determinado tiempo. Entre mayor diversificación de cultivos y ganado en el predio puede generar más productos e ingresos. Los parámetros obtenidos son: a) Número de cultivos en el sistema; b) Número de cultivos en rotación y c) Número de especies

de ganado que contribuyen en aportar materia orgánica. La fórmula es la siguiente:

$$IDA = \frac{\sum \text{número de cultivos y especies pecuarias}}{\sum \text{número de cultivos y especies pecuarias máximo}} \times 100$$

**6) Índice de Adaptación y Alternativas (IAA).** Con el IAA se identificaron las alternativas de los productores ante los altibajos de los precios del agave, es decir los medios de adaptación, siendo: a) Intercalar cultivos; b) Valor agregado a la producción a través de la elaboración de tequila (propietarios de taberna) y c) Sembrar otro cultivo. Se asignaron valores porcentuales dependiendo del número de alternativas (Cuadro 14).

**Cuadro 14. Valores del Índice de Adaptación y Alternativas (IAA)**

Número de alternativas	Valor
Tres alternativas	100%
Dos alternativas	80%
Una alternativa	50%
Ninguna	0%

**7) Riesgo de relevo intergeneracional.** En este indicador se midió el porcentaje de productores con hijos que continuarán con la producción de agave en sus predios.

**8) Participación familiar en las labores agrícolas.** Se midió el número de miembros de la familia que participan en las labores agrícolas del agave.

**9) Índice de Conocimiento del Agroecosistema (ICA).** El ICA integra la experiencia del productor en el cultivo del agave e intercalando cultivos. Las variables son: a) Edad promedio del productor y b) Número de años cultivando su propio agave. La fórmula fue:

$$ICA = \left( \frac{ACP}{EA} \right) / \left( \frac{ACP \text{ max}}{EA \text{ max}} \right) \times 100$$

Donde:

EA= Edad promedio del agavero

ACP=Años cultivando su propio agave

ACP máx.= Años cultivando su propia agave máximo

EA máx.= Edad promedio del agavero máximo

**10) No restricciones en el manejo de cultivo por arrendamiento.** Las tres principales modalidades de contrato agrícola identificadas en el municipio de Tequila fueron: 1) Arrendamiento, 2) Aparcería y 3) Mediería. Por lo tanto para su medición se consideraron: a) Productores en condiciones de contrato y b) Productores bajo condiciones limitativas de intercalar y pastorear.

**11) Índice de Ocupación del Terreno (mezcaleras) IOT.** Dicho índice se calculó con la división de: a) los meses de ocupación de los terrenos por cultivos intercalados entre b) los meses de ocupación de monocultivos, para determinar cuál manejo es más ventajoso respecto al uso o aprovechamiento de la tierra respecto al tiempo y a los recursos financieros e insumos agrícolas. La fórmula es:

$$\text{OIT} = \frac{\sum \text{meses de ocupación de cultivos intercalados}}{\sum \text{meses de ocupación en monocultivo}} \times 100$$

**12) No dependencia de la asistencia técnica.** La capacitación, asesoría y asistencia técnica es indispensable para el eficiente control y manejo de las plantaciones. Este indicador tiene 3 categorías: a) Productores sin asesoría técnica, b) Instituciones que proporcionan asistencia técnica y c) Número de técnicos prestadores de servicios.

**13) Formas de organización de productores.** El indicador consideró dos aspectos: a) Número de productores pertenecientes a una organización y b) Tipo de organización.

**14) Dependencia del capital para producir.** El indicador considera: a) Número de productores que financian sus plantaciones y b) Instituciones de financiamiento.

**15) No dependencia de agroquímicos.** En este índice se incluyeron tres labores culturales que reducen o eliminan la dependencia de agroquímicos como fertilizantes y pesticidas: a) Control manual de arvenses b) Pastoreo libre de animales entre el agave y c) Elaboración de insumos orgánicos.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados por indicadores fueron los siguientes:

### **1) Índice de Prácticas Agroecológicas en Agave tequilana (IPAAT)**

El IPAAT para el monocultivo (agroecosistema de referencia) resultó en nivel Medio con un promedio de 3.21 prácticas y para el policultivo (agroecosistema alternativo) un nivel Muy Alto debido a que la media es de 5.52 prácticas. Estos resultados muestran que el policultivo está más ligado a sistemas de cultivos más sustentables que el monocultivo. Los productores realizan mayor número de prácticas agroecológicas, elementos fundamentales de la agricultura sustentable y principios agroecológicos basadas en el uso de productos naturales y conocimientos locales (Restrepo *et al.*, 2000; Claros *et al.*, 2010).

### **2) Porcentaje de Materia Orgánica (MO) en plantaciones agaveras**

Se realizó un análisis de suelo en las plantaciones de agave bajo el manejo de monocultivo y policultivo para determinar el porcentaje de MO. Los resultados muestran: en el monocultivo el nivel fue *Medianamente alto* con 2.3% en cambio, en el policultivo un nivel de *Suficiente*, con 3.1%, de acuerdo a los valores de referencia sobre la fertilidad de suelos en *Agave tequilana* Weber var. Azul, propuesto por Uvalle *et al.* (2007). El valor referido por Valenzuela (2003) para el municipio de Tequila es de 3.1% en correspondencia con las plantaciones en policultivo en este estudio. Un mayor porcentaje de MO en las plantaciones con policultivo podría estar relacionado a los esquimos agrícolas que se generan al intercalar cultivos como maíz, frijol y cacahuete que se reincorporan al suelo aportando MO, y a la fijación de nitrógeno de las leguminosas.

### 3) Relación Beneficio/Costo

De acuerdo con la SAGARPA *et al.* (2015), el costo total de producción del agave es de \$106,197 ha<sup>-1</sup>, con una densidad de plantas de 4,000 ha<sup>-1</sup> en un ciclo de 6 años y un rendimiento promedio de 140 toneladas ha<sup>-1</sup> a precios corrientes, con un ingreso total de \$840,000.00. Por lo tanto, la relación Beneficio/Costo (R B/C) es de 7.91, dato cercano al reportado por la AMSDA (2004) para el 2004 que de R B/C de 7.89, con un rendimiento de 120 toneladas por hectárea. Los resultados muestran que una R B/C del monocultivo de 7.53 y del policultivo 8.58 (Cuadro 15). En ambas formas de manejo los ingresos netos son superiores a los costos, por lo tanto son altamente rentables, siendo mejor el policultivo con 1.05.

**Cuadro 15. Relación Beneficio/Costo del cultivo del Agave en las dos formas de manejo: monocultivo y policultivo**

Manejo del sistema	Costos de producción (egresos)	Ingresos	Relación beneficio/costo
Monocultivo	\$88,420.00	\$665,910.00	7.53
Policultivo	\$90,208.00	\$773,780.00	8.58

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la encuesta, 2015-2016.

\*Los costos son por hectárea en un ciclo biológico del agave de 6 años.

### 4) Rendimiento del agroecosistema agave

El rendimiento en el manejo de monocultivo fue de 110.98 t ha<sup>-1</sup> con 3,171 plantas ha<sup>-1</sup> en promedio y en el policultivo de <sup>12</sup>129.43 t ha<sup>-1</sup>. Los resultados muestran que la densidad de agaves ha<sup>-1</sup> es baja de acuerdo con las recomendaciones técnicas para la región de Tequila (Granados, 1993; Valenzuela, 2003; CESAVEG, 2011; Ceja *et al.*, 2011). El rendimiento promedio en el municipio de Tequila que oscila entre 93.4 (SIAP, 2015) a 122.5 t ha<sup>-1</sup> de agave (Valenzuela, 2000).

### 5) El Índice de Diversificación Agropecuaria (IDA)

<sup>12</sup> Producción total del cultivo del agave en el ciclo de 6 años más los cultivos: maíz, frijol y cacahuate (durante el periodo de los primeros 4 años).

El número de cultivos y ganado en el sistema óptimo es de 10 en total (100%). La diferencia entre ambas formas de manejos es amplia, el número de cultivos y especies pecuarias en monocultivo es de 2, es decir el 20% y 9 en policultivo, 90%. Por lo tanto, hay una mayor diversificación de especies vegetales y animales que les permite obtener productos y abono para las plantaciones. Armbrecht (2009) sugiere que el agroecosistema basado en principios agroecológicos, minimiza los impactos negativos de los sistemas convencionales a través de la diversificación productiva y el uso de tecnologías ecológicas. En este tenor los cultivos en rotación y el número de especies pecuarias y presentes en el policultivo favorecen la sustentabilidad del sistema.

## **6) Índice de Adaptación y Alternativas (IAA)**

Ante las oscilaciones en los precios del agave, los agaveros optan por realizar tres tipos de alternativas en sus predios para minimizar las consecuencias negativas: a) Los productores que tienen tabernas, optan por usar la producción de piñas y producir tequila o bien pagan por maquilarlo; b) Intercalan cultivos para el autoconsumo y para el ganado y; c) Siembran otro tipo de cultivo (maíz principalmente) en lugar de agave. Se encontró que en el manejo de sistema de monocultivo presenta un porcentaje de 80% de IAA porque realizan dos prácticas y en el policultivo tienen un nivel de 100% del IAA porque realizan las tres prácticas. Esto permite que los agaveros con policultivo enfrenten de mejor manera las fluctuaciones de precios del agave (al menos para producir alimentos) que los productores de agave en monocultivo.

## **7) Riesgo de relevo intergeneracional**

Los productores tienen la percepción que los hijos se dedicarán a las actividades agrícolas en las plantaciones agaveras: siendo mayor en monocultivo 13 productores (52%) y en policultivo 15 (60%) y en monocultivo de 13 productores (52%), el resto desconoce o no considera que sus descendientes continúen con la actividad agavera debido a que no radican actualmente en el municipio o estudian carreras universitarias no relacionadas con la agricultura. Los agaveros instruyen a sus hijos a realizar actividades agrícolas agaveras, la experiencia

adquirida a temprana edad les permite diversificar sus actividades, puesto que pueden trabajar en sus propias plantaciones o como jornaleros en las tequileras y obtener ingresos extras.

### **8) Participación familiar en las labores agrícolas**

La participación familiar es un factor fundamental en las actividades agrícolas agaveras. En el caso de los productores con monocultivo, el número miembros de la familia que apoyan es de 18, pero con menos hijos (11), con 5 hermanos y 2 sobrinos. En los 15 productores que practican el policultivo, se encontró que 18 miembros de la familia (72%) participan en las labores culturales, de los cuales son 15 hijos y 3 hermanos. En términos de apoyo familiar, existe mayor colaboración de los hijos en el agroecosistema policultivo.

### **9) Índice de Conocimiento del Agroecosistema (ICA)**

La experiencia acumulada por el productor a través de los años favorece el conocimiento necesario para el mejor manejo del agroecosistema. El ICA considera que un productor con muchos años de dedicación se puede entender mejor la sustentabilidad del agave comparado quien lo cultiva por primera vez (Moreno *et al.*, 2011).

Los resultados muestran edades similares entre los productores que realizan el monocultivo y el policultivo, así como a los años cultivando su propio agave: Sin embargo, se encontraron diferencias en el Índice de Conocimiento del Agroecosistema (ICA), ya que los productores en monocultivo tuvieron un nivel de ICA de 54.32%, en cambio, los productores de policultivo contaron con mayor experiencia con un ICA de 65.84%.

### **10) No restricciones en el manejo de cultivo por arrendamiento**

Con los contratos de arrendamiento, la industria tequilera le impone varias restricciones a los agaveros dueños de las tierras tales como: plantación en monocultivo del agave, limitación a pastorear ganado, limitación a intercalar

cultivos, dependencia financiera de los agaveros a la industria, imposición de labores productivas como el uso de herbicidas y otras condiciones negativas (Macías y Valenzuela, 2009; Valenzuela, 2007; Gerritsen *et al.*, 2011). Los agaveros aceptan esto a cambio de tener la venta segura de la producción de piñas y un precio establecido al firmar el contrato. Sin embargo, Orozco (2010) señala diversos problemas con los contratos debido a tres causas: a) El riesgo propio de las actividades agrícolas (ambientales) aunado al ciclo biológico tan largo del agave (8 años); b) En períodos de escasez, incumplimientos por las tequileras cuando el precio del mercado es más alto de lo acordado y c) El precio es menor del precio pactado en períodos de sobreoferta.

En cambio los agaveros que practican el policultivo no tienen contratos con la industria, sólo algunos de ellos tienen arreglos de aparcería o mediería que les permite mantener el control de sus plantaciones de agave. Los resultados confirman lo señalado anteriormente, existe una diferencia entre el manejo en el monocultivo y policultivo, de los 19 productores en total bajo un esquema de contrato, el 57.89%, es decir sólo a 1 productor en monocultivo no se le limita realizar prácticas agroecológicas (intercalar y pastoreo de ganado) y en el policultivo al 94.74% correspondientes a 9 productores.

### **11) Índice de Ocupación del Terreno (mezcaleras) (IOT)**

En este índice se calculó el total de meses ocupando el terreno en monocultivo de maíz, frijol y cacahuate que es de 12 en total (6 meses para el maíz, 3 para el frijol y 3 para el cacahuate), sumando el periodo anual del agave resulta 24 meses de ocupación del terreno. Mientras que en el mismo periodo anual del agave se intercala el maíz, frijol y cacahuate al mismo tiempo, es decir que el total de meses de ocupación en el manejo de policultivo es de 12 meses. Con el IOT de 0.50 en monocultivo y 0.75 en policultivos, con un porcentaje del 50% y 75% respectivamente. El resultado indica que el policultivo es más eficiente en la ocupación del terreno y mayor producción. La ventaja se traduce en minimizar los costos de producción porque dos o más cultivos se benefician de las mismas labores de cultivo; se obtiene más producción por ha<sup>-1</sup> y; además el terreno tiene mayor cobertura vegetal durante cada ciclo.

## **12) No dependencia de la asistencia técnica**

En el cultivo del agave la información sobre el control de maleza es limitada, por lo que la mayoría de los agaveros desconocen el producto y la dosificación a utilizar, (Salamanca & Medina, 2007). Por su parte, Rubio (2007) indica que existe una relación entre la inadecuada aplicación de herbicidas con la manifestación de enfermedades y el ataque de plagas. Se requiere la capacitación de los productores para mejorar la producción y tener un mayor control de malezas, plagas y enfermedades.

En total, el 80% de los productores de monocultivo no dependen de la asistencia técnica, y el 68% de los productores en policultivo son independientes respecto a la prestación de servicios o asesorías en el cultivo. Los productores no recurren a los técnicos ni al CRT. Ocasionalmente acuden a la asesoría de los dueños o trabajadores de las casas de agroquímicos. Existe un arraigo en la forma de cultivar tradicionalmente el agave que coadyuva con dicha independencia y, por otro lado, el costo de la asistencia técnica eleva los costos de producción que los pequeños agaveros no pueden solventar.

## **13) Formas de organización de productores**

a) Número de productores miembros de asociaciones. Aunque la Asociación Agavera es la organización más representativa en la cadena agave-tequila pocos de los entrevistados son miembros (17), en este sentido sólo 8 del agroecosistema monocultivo pertenecen a la asociación y 9 del agroecosistema policultivo. En el periodo del 2015-2016 se constituyó la asociación de maiceros donde se incorporaron un productor en monocultivo y uno en policultivo. Sumando un total de 9 productores en monocultivo y 10 en policultivo que son miembros de organizaciones.

Hay una diferencia pequeña entre los productores organizados que tienen monocultivo (36%) y los que tienen policultivo (40%) que son integrantes de la Asociación Agavera y de maíz. En este sentido los productores insertos en organizaciones agrícolas como la asociación agavera tienen más posibilidades de

adquirir insumos, maquinaria, herramientas y asistencia técnica haciendo economías de escala, así como acceder en mejores condiciones al mercado para la comercialización. Además les posibilita ser elegibles para recibir financiamiento y acceder a programas gubernamentales, ello representa una ventaja ante aquellos productores que no están asociados.

#### **14) Dependencia del capital para producir**

a) Número de productores que financian sus plantaciones. En relación con los recursos financieros, materiales y humanos en el cultivo del agave, 18 productores (72%) en monocultivo han invertido durante el ciclo productivo con sus propios recursos y 7 productores cuentan con contrato con una destiladora. Por otro lado, 22 productores en policultivo han financiado con sus propios recursos los costos de las plantaciones, que corresponde al 85%, no obstante 3 de ellos actualmente poseen acuerdos formales de compra-venta de la producción. Los resultados muestran que en policultivo son menos dependientes del capital externo para la plantación y mantenimiento de la producción.

b) Instituciones de financiamiento. En cuanto al apoyo institucional, sólo 2 productores indicaron que recibieron apoyo institucional para la producción en monocultivo y sólo 3 en policultivo.

#### **15) No dependencia de agroquímicos**

Se evaluaron 3 prácticas para conocer la dependencia de los agaveros respecto al uso de agroquímicos: a) El deshierbe manual de arvenses permite reducir o eliminar la aplicación de herbicidas, esta práctica fue realizada por 7 productores en monocultivo y 7 en policultivo; b) El pastoreo de ganado también contribuye al control de arvenses y fue realizado por 4 productores en monocultivo y 8 en policultivo; c) Los agaveros que elaboran composta para el agave fueron 3 en policultivo y sólo uno en monocultivo. El porcentaje total de productores que practican una o más de éstas tres prácticas en monocultivo fue de 48% y en policultivo el 72%. Los productores en policultivo muestran menor dependencia del uso de pesticidas, lo que es compatible con los principios ecológicos, al cual

se refieren Altieri & Nicholls (2012) que se basa en la optimización de los sistemas campesinos con el objetivo de generar agroecosistemas sustentables nuevos, sustituyendo los insumos externos por procesos naturales como la fertilidad del suelo y el control biológico.

### **Visión de conjunto de los indicadores de sustentabilidad**

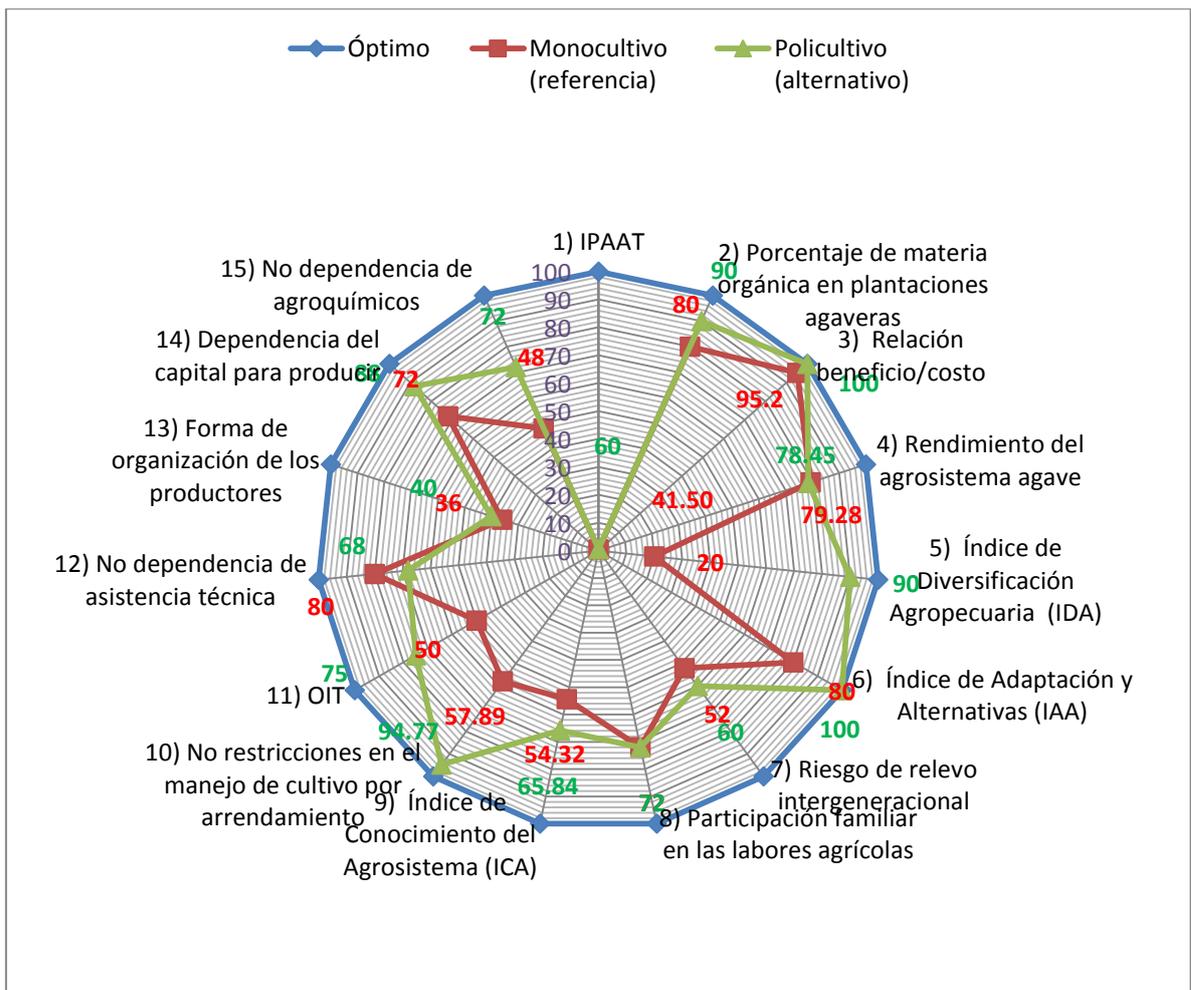
En la Cuadro 16 y Figura 9, se presentan agrupados los valores de la evaluación de los 15 indicadores. El porcentaje total de sustentabilidad en el monocultivo es 61.21% y en el policultivo 76.94% con una diferencia de 15.72%. En el monocultivo 4 indicadores son menos al 50% de sustentabilidad, 10 se encuentran entre el 50 y 80% y solo uno es mayor al 80%, mientras que en el policultivo, sólo un indicador está por abajo del 50%, 8 indicadores entre el 50 y 80% y 6 son superiores al 80%. En el monocultivo, sólo la Relación Beneficio/Costo está fortalecido (indicador económico), mientras que en el policultivo: El Porcentaje de Materia Orgánica (MO) en plantaciones agaveras, la Relación Beneficio/Costo, el Índice de Diversificación Agropecuaria (IDA), el Índice de Adaptación Alternativas (IAA), la No restricciones en el manejo del cultivo por arrendamiento y la dependencia del capital para producir (indicadores ecológicos, económicos y sociales).

Esto si significa que en esta forma de manejo existe un mayor control en las plantaciones y adaptación ante las crisis del mercado, con una eficiente producción.

**Cuadro 16. Resultados de indicadores (valores óptimos y ponderados) de dos sistemas de manejo de Agave: monocultivo y policultivo)**

<b>Atributo</b>	<b>Criterios de diagnóstico</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Óptimo</b>	<b>Monocultivo (referencia)</b>	<b>Policultivo (alternativo)</b>
Productividad	Eficiencia	1) Índice de Prácticas Agroecológicas en <i>Agave tequilana</i> (IPAAT)	8 Excelente (100%)	3.32 Moderado (41.5%)	5.52 Muy Bueno (60%)
	Eficiencia orgánica	2) Porcentaje de Materia Orgánica (MO) en plantaciones agaveras	3.637-5.158% media	X=2.31 Suficiente (80%)	X=3.06 Medianamente alto (90%)
	Eficiencia económica de cultivos	3) Relación Beneficio/Costo	7.91 (100%)	7.53 (95.20%)	8.58 (100%)
	Rendimiento productivo	4) Rendimiento del agroecosistema agave	140 (100%)	110.08 (79.28%)	129.43 (78.45%)
Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	Diversificación de cultivos	5) Índice de Diversificación Agropecuaria (IDA)	10 (100%)	2 (20%)	9 (90%)
	Adaptabilidad	Capacidad adaptación bajo presión de la oscilación de precios	6) Índice de Adaptación y Alternativas (IAA)	3 (100%)	2 (80%)
Riesgo de persistencia		7) Riesgo de relevo intergeneracional	25 (100%)	13 (52%)	15 (60%)
Participación familiar		8) Participación familiar en las labores agrícolas	25 (100%)	18 (72%)	18 (72%)
Equidad	Conocimiento del productor	9) Índice de Conocimiento del Agroecosistema (ICA)	60 (100%)	54.32%	65.84%
	Grado de control del proceso	10) No restricciones en el manejo de cultivo por arrendamiento	0 (100%)	8 (57.89%)	1 (94.74%)
Autogestión	Eficiencia de ocupación de los terrenos	11) Índice de Ocupación del Terreno (mezcaleras) IOT	1 (100%)	0.5 (50%)	0.75 (75%)
	Dependencia de asistencia técnica	12) No dependencia de la asistencia técnica	25 (100%)	20 (80%)	17 (68%)
	Grado de autogestión del proceso productivo	13) Formas de organizaciones de productores	25 (100%)	9 (36%)	10 (40%)
	Fuentes y condiciones del financiamiento	14) Dependencia del capital para producir	25 (100%)	18 (72%)	22 (88%)
	Dependencia insumos	15) No dependencia de agroquímicos	25 (100%)	12 (48%)	18 (72%)
<b>TOTAL</b>			<b>100%</b>	<b>61.21</b>	<b>76.94</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la encuesta 2015-2016



**Figura 9. Comparación de indicadores sustentables en dos tipos de manejo del sistema de producción del *Agave tequilana***

## CONCLUSIONES

La evaluación de la sustentabilidad mediante 15 indicadores permitió determinar que el manejo del sistema de producción de agave en policultivo es más sustentable que el manejo en monocultivo, porque presenta mejores niveles de sustentabilidad en 13 de los 15 indicadores.

Los indicadores que se encuentran en mayor cercanía a valores óptimos son los ecológicos y más distantes los indicadores sociales en ambos manejos específicamente en el riesgo de relevo generacional y formas de organización, lo que incide en una pérdida de continuidad en la práctica agavera y escasa organización limitándolos al acceso a créditos, seguro agrícolas y capacitación.

Las prácticas agroecológicas son más recurrentes por los productores en policultivo especialmente el intercalado de cultivos. Esta práctica permite a los agaveros obtener productos principalmente para autoconsumo y en menor medida para la venta. Esta es una medida importante para mitigar los efectos de la variación de precios del agave.

La presente investigación confirma la necesidad de evaluar de forma holista los agroecosistemas y comparar lo diversos manejos ecológicos de estos, considerando factores sociales, económicos, culturales e institucionales que afectan, limitan o fortalecen la sustentabilidad del agroecosistema del agave.

## LITERATURA CITADA

- Altieri, M. & C. Nicholls (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 64:17-24.
- Altieri, M. & C. Nicholls (2012). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socio ecológica. *Agroecología* 7 (2): 65-83.
- Armbrecht, Inge (2009) Avance de los monocultivos, soberanía alimentaria y derechos humanos: recomendaciones en la evaluación mundial de IAASTD-ALC. *In: Emanuelli, M. S.; Jonsén, J. y Monsalve, S. (Comps.). Azúcar roja, desiertos verdes. FIAN Internacional, FIAN Suecia, HIC-AL SAL. pp. 245-250.*
- Astier, Marta y Carlos González (2008). Formulación de Indicadores Socioambientales para evaluaciones de sustentabilidad de sistemas de manejo complejos. *In: Astier, Marta, Omar Masera y Yankuic Galván-Miyoshi (Coords.). 2008. Evaluación de sustentabilidad: Un enfoque dinámico y multidimensional. SEAE/CIGA/ECOSUR/CIEco/UNAM/GIRA/MundiPrensa/ Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable, España. pp. 74-93.*
- Asociación Mexicana de Secretarios de Desarrollo Agropecuario, A.C. (AMSDA). (2004). Plan Rector del Sistema Producto Agave-Tequila. 58 p.
- Bezerra, Neto, Eliane Gonçalves, Rychardson Rocha, Eliane Queiroga, Henrique de Sousa, Leilson Costa & Celicina da Silveira (2010). Evaluation of yield advantage indexes in carrot-lettuce intercropping systems. *Interciencia* 35(01): 59-64.
- Casas, Ricardo; Félix González, Edmundo García, Tomás Martínez & Benjamín Peña (2008). Contribución de la dimensión ambiental al desarrollo sustentable de tres agroecosistemas campesinos. *Terra Latinoamericana*, 3(26): 275-284.
- Ceja, Ramón; Rendón, Luis y De la Torre, Carlos (2011). Selección de terrenos. *In: Rendón, Luis; Ávila, Martín; Rodríguez, Benjamín y Del Real, José. (Eds.). Manual técnico para el establecimiento de huertas madre de agave Azul. Libro técnico Núm. 1. CRT, Prometeo editores. Jalisco, México. pp. 13-32.*

- Claros, Reynaga, Antonio Chungara & Gastón Zeballos (2010). Manual de elaboración de productos naturales para la fertilidad de suelos y control de plagas y enfermedades. Experiencias en la zona biocultural subcentral Waca Playa, Tapacarí. Programa Regional BioAndes AGRUCO. 39 p.
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Guanajuato (CESAVEG) (2011) Manual de plagas y enfermedades del Agave. Campaña de manejo fitosanitario del agave tequilero. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Guanajuato. Guanajuato, México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 27 p.
- Esmailia, A. Sadeghpourb, S.M.B. Hosseinia, E. Jahanzada, M.R. Chaichia & M. Hashemi (2011). Evaluation of seed yield and competition indices for intercropped barley (*Hordeum vulgare*) and annual medic (*Medicago scutellata*). International Journal of Plant Production 5 (4): 395-404.
- Gerritsen, Peter; Jesús Rosales, Arturo Moreno y Luis Martínez (2011). Agave Azul y el desarrollo sustentable en la cuenca baja del río Ayuquila, Costa Sur de Jalisco (1994-2004). Región y Sociedad 51(23): 161-192.
- Granados, D. S. (1993). Los agaves en México. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 252 p.
- Kitonyo, O.M. Chemining'wa G.N. & Muthomi, J.W. (2013). Productivity of farmer-preferred maize varieties intercropped with beans in semi-arid Kenya. International Journal of Agronomy and Agricultural Research 3(1): 6-16.
- Kumaraswamy, S (2012). Sustainability issues in agro-ecology: Socio-ecological perspective. Agricultural Sciences 3(2): 153-169.
- Macías, Alejandro y Ana Valenzuela-Zapata (2009). El tequila en tiempos de la mundialización, Comercio Exterior 6(59): 459-472.
- Mahapatra, S.C. (2011 Agriculture. 1(1): 1-6.). Study of Grass-Legume Intercropping System in Terms of Competition Indices and Monetary Advantage Index under Acid Lateritic Soil of India. American Journal of Experimental
- Masera, Omar; Marta Astier & Santiago López (1999). Sustentabilidad y manejo de recursos Naturales. El marco de evaluación MESMIS. Mundiprensa: México, 82 p.

- Moonen, Anna-Camilla & Paolo Bàrberi (2008). Functional biodiversity: An agroecosystem approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 127: 7-21.
- Moreno, Arturo; Néstor Estrella; Sergio Escobedo, Ángel Bustamante & Peter Gerritsen (2011). Prácticas de manejo agronómico para la sustentabilidad: características y medición en *Agave tequilana* weber en la región Sierra de Amula, Jalisco. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 4: 159-169.
- Monroy, Benito; Enrique Pimienta, Salvador Antonio Hurtado de la Peña & Javier García (2005). Efecto competitivo de la maleza sobre el crecimiento y la respuesta fisiológica de agave (*Agave tequilana* Weber var. Azul) en la región de Tequila, Jalisco, México. *Scientia-CUCBA*, 7(2): 113-130.
- Orozco, José (2010). La globalización y su relación con la competitividad de la industria del Tequila. *In: Claudia Gómez, Floriberto Miguel, José Orozco y María Alanis (Coords.). Propiedad industrial como herramienta competitiva frente a la globalización: el caso del tequila y el Consejo Regulador Tequila en México.* pp. 143-167. México: Universidad de Guadalajara.
- Restrepo, M. José; Diego Ivan Angel & Martín Prager (2000). .Agroecología. Universidad Nacional de Colombia y Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola (FIDAR), 120 p.
- Rubio, Ramón (2007). Enfermedades del cultivo del agave. *In: Pérez, Juan y José del Real (eds.). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila.* Guadalajara, Jalisco, México: Prometeo editores. Libro técnico Núm. 4, pp. 169-195.
- Salamanca, Mario & Santiago Medina (2007). Manejo de la maleza en plantaciones de agave tequilero. *In: Pérez, Juan y José del Real (eds.). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila.* Guadalajara, Jalisco, México: Prometeo editores. Libro técnico Núm. 4, pp. 117-134.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias (INIFAP), Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, (SIAP), Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

- (SENASICA) (2015). Agenda Técnica Agrícola de Jalisco. Segunda edición, 124 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2015). Cierre de la producción agrícola por estado. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Agave.  
[http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp)
- Uvalle, Jaime, Cecilia Vélez & Adriana Ramírez (2007). Muestreo y análisis de suelo en plantaciones de agave. *In*: Pérez, Juan y José del Real (eds.). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila, Jalisco: Libro técnico Núm. 4, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, pp. 37-55.
- Valenzuela, Ana (2000). Tequila Cazadores. Manual para agaveros. Tequila Cazadores. Jalisco, México. 90 p.
- Valenzuela, Ana (2003). El Agave tequilero. Cultivo e industria en México. Mundiprensa. 3 Edición. México. 215 p.
- Valenzuela, Ana (2007). Diagnóstico del sistema de producción ejidal de *Agave tequilana* W. var. Azul, en la región de origen: 20 años de expansión tequilera”, Primer Seminario Internacional del Tequila 2007: ambiente, cultura y sociedad, 32 p.
- World Bank (1997). Are we saving enough for the future? *In*: Expanding the measure of wealth. Indicators of environmentally sustainable development studies and monograph series 17. World Bank. Washington, DC, USA. pp. 7-18.
- Zizumbo, Daniel, Ofelia Vargas, Jesús Rosales & Patricia Colunga (2013). Sustainability of the traditional management of *Agave* genetic resources in the elaboration of mezcal and tequila spirits in western Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 60: 33-47.

## DISCUSIÓN GENERAL

El agave es un ícono que identifica a la cultura mexicana, además de ser representativo a nivel mundial por la bebida tequila que se elabora a partir de la planta, también el paisaje agavero es significativo debido a que ha sido nombrado como Patrimonio de la Humanidad por las Naciones Unidas. Es decir, tanto la industria tequilera como la turística han difundido la importancia del Agave. Sin embargo, Bowen y Gaytán (2015) indican los pequeños productores y las empresas de tequila de menor escala son marginados en un contexto neoliberal donde la influencia y el poder están ligados al capital financiero: Es necesario implementar medidas para prevenir ciclos de excedentes y escasez de agave, abordar temas relacionados con la sostenibilidad ambiental del cultivo de agave y transparentar el proceso de negociación y establecimiento de normas que regulan la industria.

La demanda de la bebida ha originado el incremento en la superficie del cultivo del agave en el municipio de Tequila. La intensificación de la extracción de la planta Pérez *et al.* (2016) destacan la importancia de la realización de prácticas de manejo sustentables tanto en el cultivo como en la producción de la bebida derivadas de la planta, mediante la adopción de nuevas innovaciones científicas y tecnológicas.

Las prácticas agroecológicas como los policultivos, las rotaciones, los cultivos de cobertura, el mantenimiento de la vegetación de los márgenes, la fertilización orgánica y los laboreos superficiales se asocian con el incremento de la biodiversidad (Sans, 2007) y por lo tanto en el manejo sustentable de los cultivos. En ese mismo sentido, Altieri (2016) menciona que los sistemas de producción agroecológicos son más resilientes ante los impactos del cambio climático, así por ejemplo los productores que utilizan cultivos de cobertura, cultivos intercalados y agroforestería tienen menores impactos que los productores que producen en monocultivo convencional.

Por lo anterior, se identificaron, midieron y compraron las prácticas agroecológicas del agroecosistema agave bajo dos tipos de manejo el monocultivo y el policultivo, basados en el Índice de Prácticas Agroecológicas en Agave Tequilana (IPPAT). Los pequeños productores de Tequila, bajo sistema de manejo de monocultivo realizan menores (3 prácticas) prácticas agroecológicas que los productores bajo sistema de manejo de policultivo (5 prácticas). Por lo tanto, este sistema de manejo tiende más a la sustentabilidad. En concordancia con Ebel *et al.* (2017), los cuales concluyen que el potencial productivo de los sistemas de producción diversificados es una estrategia funcional para incrementar la producción. Y con Yahuza (2011) el cual refiere que los policultivos son sistemas de producción más beneficiosos en términos de eficiencia edáfica. Mientras que la deficiente rotación de cultivos y la poca aplicación de abonos, son causas de la baja fertilidad del suelo (Yong, 2016).

Los principales cultivos con los que se intercala el agave con maíz y frijol, además de otros cultivos como el cacahuate y calabaza ocasionalmente. Los árboles frutales como el ciruelo no son talados de las plantaciones por lo suelen ser intercalados con el agave. Al respecto, Rojas *et al.* (2017) concluyen que asociar diferentes cultivos se obtiene mayor biomasa, rendimientos e ingresos por peso invertido. Lo que genera aumento en los ingresos de los agaveros que realizan el policultivo.

Sin embargo, actualmente el fenómeno de arrendamiento ha ido creciendo en la región de Tequila como estrategia de abastecimiento de las destiladoras (Moreno, 2011). Los esquemas de contrato han fomentado el monocultivo y a su vez limitado el policultivo en los pequeños agaveros que arrendadas sus tierras. En Tequila se identificaron tres distintos esquemas de contratos en la comercialización y producción en la cadena agave-tequila: el Arrendamiento, la Aparcería y la Mediería. El contrato por arrendamiento es el más frecuente y este ha desplazado a los esquemas informales de aparcería y mediería. Los productores recurren a este esquema de renta pese a que es menos rentable que las ganancias que podrían obtener del cultivo independiente y el pago de renta es muy bajo, no invierte económica ni laboralmente y el ingreso está garantizado (Gerritsen *et al.*, 2011).

Los arrendadores realizan las labores del agave principalmente en monocultivo y los aparceros y medieros en policultivo. El factor común entre la aparcería y la mediería es que los propietarios tienen acceso a sus predios y la diferencia principal radica en la forma de apropiación de la cosecha de agave. Los tipos de contratos informales de mediería y aparcería regulan la relación entre los dueños de la tierra y los productores-empresarios que llevan a cabo la producción asumiendo el riesgo propio de la actividad, como consecuencia de los cambios en la forma de producir (Bustamante, 2015). Bajo este panorama las características de los contratos de aparcería y mediería son más acordes a los pequeños productores y a la sustentabilidad.

Las limitadas prácticas agroecológicas realizadas por los productores en el agroecosistema agave bajo el sistema de manejo de monocultivo y los esquemas de contratos prohibitivos y controladores por parte de las destiladoras han afectado el equilibrio del agroecosistema provocando daños al medio ambiente. Por lo anterior se evaluó la sustentabilidad mediante 15 indicadores lo cual permitió determinar que el manejo del sistema de producción de agave en policultivo es más sustentable que el manejo en monocultivo, porque presenta mejores niveles de sustentabilidad en 13 de los 15 indicadores.

Los valores indican que los indicadores ecológicos se encuentran en mayor cercanía a valores óptimos y más distantes los indicadores sociales en ambos manejos específicamente en el riesgo de relevo generacional y formas de organización, lo que incide en una pérdida de continuidad en la práctica agavera y escasa organización limitándolos al acceso a créditos, seguro agrícolas y capacitación. Spiaggi (2016) alude a la posibilidad de obtener producciones económicamente viables y ambientalmente sostenibles en pequeñas extensiones de tierra, es necesario optar por sistemas productivos diversificados, intensivos en mano de obra y aplicar tecnologías de procesos en lugar de tecnologías de insumo.

## CONCLUSIONES GENERALES

Se identificaron 8 prácticas agroecológicas comunes en la producción de agave y con ellas se generó un Índice de Prácticas Agroecológicas en Agave Tequilana (IPAAT). El resultado de aplicación del IPAAT permitió determinar que los productores de agave en policultivo realizan más prácticas agroecológicas que los de monocultivo. Los productores de policultivo de agave tuvieron un IPAAT de 60% y se clasificaron con un nivel medio (3 a 4 prácticas agroecológicas). Los productores de monocultivo tuvieron un IPAAT de 72% alcanzando una clasificación de alto o muy alto (5 a 7 prácticas). La conclusión es que el Agroecosistema Tradicional en Policultivo tiende a ser más sustentable que el Agroecosistema Convencional en Monocultivo. Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis 1.

La práctica agroecológica de mayor importancia es el intercalado del *Agave tequilana* Weber var. Azul con cultivos anuales como el maíz, frijol y cacahuate principalmente, no sólo por el número de productores que la realizaron sino porque esta práctica involucra otras prácticas como el escalonado y la aportación de materia orgánica a través del pastoreo.

Las prácticas agroecológicas son más recurrentes por los productores en policultivo, especialmente el intercalado de cultivos. Esta práctica permite a los agaveros obtener productos principalmente para autoconsumo y en menor medida para la venta. Esta es una medida importante para mitigar los efectos de la variación de precios del agave para los pequeños productores agaveros.

En términos de producción total, el policultivo es más productivo que monocultivo en el agave, además de tener otras bondades ecológicas, lo que hace que sea un manejo altamente recomendable su difusión y rescate.

La integración vertical de la cadena productiva agave-tequila ha hecho que las empresas tequileras grandes controlen todos los eslabones de la cadena (producción agrícola, elaboración del producto y comercialización). Los contratos

de arrendamiento establecidos entre las industrias tequileras y los agaveros fomentan el monocultivo y no permiten el policultivo, con lo que promueven el deterioro ambiental en las regiones de producción de agave. Los contratos legales de arrendamiento limitan el acceso de los arrendatarios a sus propias tierras, frecuentemente, los reducen a ser jornaleros en sus propias tierras y las tequileras tienen el control del proceso productivo del agave. Los esquemas de contratos informales de aparcería y mediería permiten el policultivo, el acceso de los productores a sus tierras (por ejemplo, para pastorear su ganado) y se establece una responsabilidad compartida entre el dueño de la tierra y el mediero o aparcero. Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis 2.

La presente investigación propuso un conjunto de 15 indicadores de sustentabilidad que fueron resultado de un proceso de adaptación del MESMIS. La evaluación se basó en comparar dos agroecosistemas: agroecosistema de referencia (agave en monocultivo) y agroecosistema alternativo (agave en policultivo) y un valor óptimo para cada indicador. El resultado de la aplicación de la metodología fue adecuado y se logró determinar que el policultivo es más sustentable que el monocultivo. Específicamente, la evaluación de la sustentabilidad mediante 15 indicadores permitió determinar que el tipo manejo del sistema de producción de agave en policultivo es más sustentable que el tipo de manejo en monocultivo, porque el policultivo tiene un nivel de sustentabilidad de 76.94% en tanto que el monocultivo de 61.21%. Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis 3.

Los indicadores que se encuentran en mayor cercanía a valores óptimos son los ecológicos y más distantes los indicadores sociales en ambos manejos específicamente en el riesgo de relevo generacional y formas de organización, lo que incide en una pérdida de continuidad en la práctica de producción agavera porque no hay un relevo generacional y la reducción de la participación de la familia y la escasa organización limitándolos al acceso a créditos, seguro agrícolas y capacitación.

## RECOMENDACIONES GENERALES

El objetivo de evaluar la sustentabilidad en el cultivo del agave es realizar recomendaciones para poder intervenir en la mejora del sistema.

Se recomienda el fomento del policultivo en plantaciones agave especialmente en los primeros 3 años del ciclo biológico del agave (7 años). Una alternativa es que los dos primeros años se cultiven leguminosas o especies de bajo porte y el tercer año maíz, esto para que no le ocasione sombra y afecte la absorción de luz al agave.

La nula práctica de diversificar especies vegetales en el monocultivo del agave se aleja completamente del enfoque agroecológico y por ende de un modelo sustentable, por lo tanto promover que se siembren tanto especies silvestres como comestibles.

Se observa que el pastoreo controlado no afecta al agave en estados avanzados, especialmente, si se realiza con remudas (machos, mulas, caballos). Se debe tener cuidado si se pastorea ganado bovino, pues es más agresivo puede dañar más la planta de agave que las remudas. Los beneficios del pastoreo se dan en dos sentidos: por un lado, se mejora la fertilidad del suelo a través de las excretas y, por el otro, con el control de arvenses. Una posibilidad es realizar el composteo de los estiércoles antes de su aplicación. Esto reduce la necesidad de aplicar fertilizantes químicos y el uso de herbicidas.

Rescatar el conocimiento tradicional que se realiza en el policultivo y que se vincule con los conocimientos científicos para optimizar las labores agrícolas, mediante innovaciones sustentables que no contaminen los recursos naturales.

La organización de los productores es un factor importante para generar apoyo institucional para la adquisición de créditos, asistencia técnica, compra de insumos, etcétera, por ello los agaveros se vean menos vulnerables frente a las empresas tequileras.

Respecto a la herramienta metodológica:

La metodología de evaluación propuesta derivada de la investigación puede utilizarse como método de referencia cuando se pretende comparar y evaluar manejos diferentes de sistemas del cultivo del agave.

Referente a otras investigaciones:

La prohibición de las tequileras para realizar el policultivo supone una afectación la calidad del tequila, sin embargo, es necesario realizar estudios bromatológicos y edafológicos que puntualicen la incidencia de intercalar cultivos en la calidad final de la bebida tequila comparado con el monocultivo. Esto podría apoyar los hallazgos de la presente investigación que son mayores los beneficios ecológicos del policultivo que los del monocultivo. Y probablemente, se encuentre que es infundada la prohibición de las tequileras al policultivo.

Se recomienda hacer mayor investigación sobre los efectos de intercalar cultivos anuales durante una parte o todo el ciclo del agave y los efectos que pueda haber sobre la calidad del tequila, especialmente en el contenido porcentual de azúcares en las piñas de agave.

Comparar las prácticas agroecológicas tanto en la zona agavera de Tequila y los Altos del estado de Jalisco, para identificar las diferencias de manejo y determinar cuáles presenta mayor riesgo social, ambiental y económico.

Se recomienda hacer una mayor investigación sobre los efectos del estiércol incorporado directamente con el pastoreo o aplicarlo previamente compostado para conocer si el fomento a la actividad microbiana en el suelo afecta positiva o negativamente el desarrollo del agave y sus cualidades.

El estudio comparativo fue de forma transversal es decir, se midió paralelamente el monocultivo y el policultivo, por lo sería interesante contrastar de forma longitudinal con el seguimiento de los indicadores durante todo el ciclo de 7 años e incluso comparar con otras investigaciones para definir si ha disminuido la

fragilidad del sistema con el monocultivo, y proyectar la problemática que se presentará de continuar con este tipo de manejo o, bien sí, el policultivo ayuda a reducir los efectos negativos del cultivo del agave sobre el medio ambiente .

Y sobre los contratos de arrendamiento:

Fomentar los esquemas de aparcería y mediería en las localidades cercanas al municipio, ya que se observa en la parte de la barranca de municipio.

También es de importancia analizar a profundidad las formas de vinculación entre los contratantes.

## LITERATURA CITADA

- Academia Mexicana del Tequila A.C. 2000. **Historia del Tequila. Más allá de la leyenda**. Disponible en: <http://acamextequila.com.mx/2016/historia.html>. Consultado el 12 de junio de 2015.
- ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios). 2000. **Agave tequilero y arroz**, en Claridades Agropecuarias. Núm. 87, noviembre. pp: 2-30.
- Andrade, José Luis, Erick de la Barrera, Casandra Reyes, Fernanda Ricalde, Gustavo Vargas y Carlos Cervera. 2007. **El metabolismo ácido de las crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad**. Boletín de la Sociedad Botánica de México. Núm. 81. pp: 37-50.
- Anlló, Guillermo; Roberto Bisang y Guillermo Salvatierra. 2010. Del mercado a la integración vertical pasando por los encadenamientos productivos, los cluster, las redes y las cadenas globales de valor. *In*: Guillermo, Anlló, Roberto Guillermo, Bisang y Guillermo Salvatierra (Comps.). **Cambios estructurales en las actividades agropecuarias. De lo primario a las cadenas globales de valor**. pp: 9-51. Santiago de Chile. CEPAL-PROSAP.
- Alonso, Antonio. 2000. Crecimiento y desarrollo: bases de la dinámica económica. *In*: Antonio Alonso (Ed.). **Diez lecciones sobre la economía mundial**. pp: 56-58. Madrid. Civitas Ediciones.
- Altieri, Miguel. 1999a. Agroecología. **Bases científicas para una agricultura sustentable**. Montevideo. Editorial Nordan Comunidad. 339 p.
- Altieri, Miguel. 1999b. **The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment**. Núm. 74. pp: 19-31.

- Altieri, Miguel y Clara Nicholls 2000. **Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable**, serie textos básicos para la formación ambiental. México DF. FAO-PNUMA. Núm. 4. 1a edición. 250 p.
- Altieri, Miguel y Clara Nicholls. 2002. **Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales**. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Núm. 64. pp: 17-24.
- Altieri, Miguel y Clara Nicholls. 2004. **Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems**. New York. Harworth Press. Inc. 2da edition. 189 p.
- Altieri, Miguel y Clara Nicholls. 2012. **Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socio ecológica**. Agroecología. Vol. 2. Núm. 7. pp: 65-83.
- Altieri, Miguel. 2009. Desiertos verdes: monocultivos y sus impactos sobre la biodiversidad. *In*: María, Emanuelli, Sofía Monsalve y Jennie Jonsén (Comps.). **Azúcar verde, desiertos verdes**. pp. 55-62. FIAN Internacional, FIAN Suecia, HIC-AL, SAL. 1ra edición
- Altieri, Miguel (s/f). **Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria**. Ediciones Científicas Americanas. 192 p.
- Altieri, Miguel y Víctor Toledo. 2011. **The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants**. The Journal of Peasant Studies. Núm. 38. pp: 587-612.
- Altieri, Miguel (2016). **Impactos de la agroecología en algunos países latinoamericanos: una aproximación histórica**. La medición del impacto de la agroecología. ISEA Revista de agroecología, Vol. 32. Núm. 3, septiembre, pp: 5-8.

- Armbrecht, Inge. 2009. Avance de los monocultivos, soberanía alimentaria y derechos humanos: recomendaciones en la evaluación mundial de IAASTD-ALC. *In*: María, Emanuelli, Sofía Monsalve y Jennie Jonsén (Comps.). **Azúcar verde, desiertos verdes**. pp. 245-250. FIAN Internacional, FIAN Suecia, HIC-AL, SAL. 1ra edición.
- AMSDA (Asociación Mexicana de Secretarios de Desarrollo Agropecuario, A.C.). 2004. **Plan Rector del Sistema Producto Agave-Tequila, Tequila, Jalisco**. 58 p.
- Astier, Marta y Carlos González. 2008. Formulación de Indicadores Socioambientales para evaluaciones de sustentabilidad de sistemas de manejo complejos. *In*: Marta, Astier, Omar Masera y Yankuic Galván, (coords.). **Evaluación de Sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional**. pp. 73-94. España. SEAE-CIGA-ECOSUR-CIEco-UNAM-Gira-Mundiprensa-Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable. 1ra edición.
- Astier, Marta, Omar Masera, Yankuic Galván. (2008). Retos para los análisis de sustentabilidad de los SMRN. Astier, Marta. Omar Masera y Yankuic Galván (coord.). **Evaluación de Sustentabilidad**. Un enfoque dinámico y multidimensional. pp. 194-200. España. SEAE-CIGA-ECOSUR-CIEco-UNAM-Gira-Mundiprensa-Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable. 1a edición.
- Aviña, Karina. (2008). **El mal llamado SIDA del agave tequilero**. Claridades Agropecuarias. Núm. 175. pp: 27-33.
- Bautista, Mayela, Luis García, Eleazar Barboza y Luis Parra. 2001. **El Agave tequilana Weber y la producción de tequila**. Acta Universitaria. Vol. 11. Núm. 2, agosto. pp: 26-34.

- Barrera, Gerardo y Carlos Sánchez. 2003. **Caracterización de la cadena agroalimentaria/agroindustrial nacional e identificación de sus demandas tecnológicas**: Agave. Fundación Produce Jalisco. 56 p.
- Bartra, Armando. 2009. **Hacer Milpa**. Ciencias 092, Octubre 2008- Marzo 2009. pp: 42-45.
- Bezerra, Francisco, Eliane Gonçalves, Rychardson Rocha, Eliane Queiroga, Glauber Henrique de Sousa, Leilson Costa y Celicina da Silveira. 2010. **Evaluation of yield advantage indexes in carrot-lettuce intercropping systems**. Interciencia. Vol. 35. Núm. 01, enero. pp. 59-64.
- Bichsel, Christine, Silvia Hostettler y Balz Strasser. 2005. **“Should I buy a cow or a TV?”** Reflections on the conceptual framework of the NCCR North-South based on a comparative study of international labor migration in Mexico, India and Kyrgyzstan. NCCR North-South dialogue, NCCR North-South. Berne. 60 p.
- Bowen, Sarah y Ana Valenzuela. 2006. **Denominations of Origin and socioeconomic and ecological sustainability**: the case of Tequila. Ponencia presentada en el III Congreso Internacional de la Red SIAL, realizado el 18 al 21 de octubre, en España. 39 p.
- Bowen, Sarah y Peter Gerritsen. 2007. Socioeconomic and Ecological forces driving the expansion of Agave cultivation in Southern Jalisco, Mexico. *In*: Antonio, Vázquez, Yalma Vargas y Sara Saldívar (Comps.). **Agaves del Occidente de México**. pp. 180-198. México. Universidad de Guadalajara-CUCBA, CRT, CIATEJ, LSU y CONAFOR. Serie Fronteras de Biodiversidad. Vol. 3.
- Bowen, Sarah. 2012. **Las indicaciones geográficas, la globalización y el desarrollo territorial: el caso del tequila**. Agroalimentaria. Vol. 18, Núm. 34, enero-junio. pp: 91-103.

- Bustamante, Eugenia. 2014. **Los contratos regulados en la Ley de Arrendamientos Rurales y Aparcerías. Necesidad de una reforma para adaptar las figuras contractuales a la realidad de la producción agropecuaria argentina.** Revista Jurídica de la Patagonia. Núm. 3. pp: 1-17.
- Blomberg, Lennart. 2000. **Tequila, mezcal y pulque.** Lo auténtico mexicano, México. Diana, 1a edición. 314 p.
- Callen, Eric. 1965. **Food habits of some Pre-Columbian Mexican Indians.** Economic Botany. Núm. 19. pp. 335-343.
- CNIT (Cámara Nacional de la Industria Tequilera). 2013. **Producción de tequila.** Disponible en: [http://www.tequileros.org/main\\_es.php](http://www.tequileros.org/main_es.php) . Consultado el 12 de junio de 2015.
- Caporal, Francisco. 2013. **Agroecología: ciencia para agriculturas más sostenibles. América Latina en Movimiento.** La Alternativa Agroecológica. ALAI: Ecuador, libro 487. 32 p
- Carrillo, Lauro. 2007. **Los destilados de agave en México y su denominación de origen.** Ciencias. Núm. 87. julio-septiembre, pp. 9-49.
- Casas, Ricardo; Félix González, Edmundo García, Tomás Martínez y Benjamín Peña. 2008. **Contribución de la dimensión ambiental al desarrollo sustentable de tres agroecosistemas campesinos.** Terra Latinoamericana. Núm. 3. Vol. 26, julio-septiembre. pp: 275-284.
- Castillo, Víctor y Alfredo Coelho. 2007. Dinámicas de la cadena agave-tequila. Tendencias y adaptación a la globalización. *In:* Antonio, Vázquez, Yalma Vargas y Sara Saldívar (Comps.). **Agaves del Occidente de México.** pp. 160-182. México. Universidad de Guadalajara-CUCBA, CRT, CIATEJ, LSU y CONAFOR. Serie Fronteras de Biodiversidad. Vol. 3.

- Ceja, Ramón, Luis Rendón Carlos y de la Torre. 2011. Selección de terrenos. *In*: Luis, Rendón, Martín Ávila, Benjamín Rodríguez y José del Real (Eds.). **Manual técnico para el establecimiento de huertas madre de agave Azul**. pp. 13-32. Libro técnico Núm. 1. Consejo Regulador del Tequila A.C-Prometeo editores S.A. de C.V.
- Censo Agropecuario 2007. 2012. **El cultivo del agave tequilero en Jalisco**. México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 73 p.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina). 2002. **Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible**: estado del arte y perspectivas, capítulo III. Indicadores de Desarrollo Sostenible SERIE Manuales. Núm. 16. pp: 37-67.
- CEFP (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas). 2001. **La agroindustria azucarera en México**. Cámara de Diputados. H. Congreso de la Unión. CEFP/039/2001. México. 34 p.
- Coelho, Alfredo. 2007. **Eficiencia colectiva y upgrading en el clúster del tequila**. Análisis Económico. Vol. 42. Núm. 49. pp: 169-194.
- CESAVEG (Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Guanajuato). 2011. **Manual de plagas y enfermedades del Agave**. Campaña de Manejo fitosanitario del Agave tequilero, Guanajuato. México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 29 p.
- CMMAD (Comisión Mundial del Medio Ambiente). (1998). **Nuestro futuro común**. Madrid. Alianza.
- Cota, Francisco. (2009). Manual técnico. **Agave Azul, su manejo**. Plan Agrí-Agaves. Guadalajara, Jalisco. GROPE. 2da edición. 82 p.

CRT (Consejo Regulador del Tequila). 2017. **Información Estadística**. Disponible en: <https://www.crt.org.mx/EstadisticasCRTweb/>. Consultado el 11 de marzo de 2017.

Cházaro, Miguel, Antonio Vázquez y Oscar Valencia. 2004. *Agave (Agavaceae) en el norte de Jalisco y zonas circunvecinas de Nayarit, Durango y Zacateca*. In: Antonio, Vázquez, Miguel, Cházaro, Gregorio Nieves, Yalma Vargas, Marcelino Vázquez y Ericka Flores (Eds.). **Flora del norte de Jalisco y etnobotánica huichol**. pp. 56-66. Guadalajara, Jalisco. Universidad de Guadalajara.

Chiwo, María. 2000. **El manejo sostenible de un sistema agrícola en el bajo: el caso del ejido Tomás, Salvatierra Guanajuato**. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, México. 128 p.

Chirinos, Alina, Guillermo Rodríguez y María Elena Bonomie. 2008. **Integración Vertical de la Cadena de Valor del Sector Avícola en el Estado Zulia**. Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura. Vol. 14. Núm.1, junio. pp: 175-193.

Crespo, Marcos, Diego González, Ramón Rodríguez, Luis Alberto Rendón, José del Real, y José Torres. 2013. **Evaluación de la composta de bagazo de agave como componente de sustratos para producir plántulas de agave Azul tequilero**. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 4. Núm. 8. pp: 1161-1173.

Claros, Reynaga, Antonio Chungara y Gastón Zeballos. 2010. **Manual de elaboración de productos naturales para la fertilidad de suelos y control de plagas y enfermedades**. Experiencias en la zona biocultural subcentral Waca Playa, Tapacarí. Programa Regional BioAndes, Bolivia: AGRUCO. 39 p.

Da Silva, Carlos y Doyle Baker. (2013). *Agroindustrias para el desarrollo*. Italia, Roma. FAO. 306 p.

- De Orellana, Margarita. 2007. Lo que un buen bebedor de tequila debe saber. *In:* Alberto, Ruy y Margarita de Orellana. **Guía del tequila**. pp. 8-66. México DF. Artes de México. 2a edición.
- Díaz, Laura, Uri Torruco, Mildred Martínez y Margarita Varela. 2013. **La entrevista, recurso flexible y dinámico**. Investigación en Educación Médica. Vol. 2. Núm. 7. pp:162-167.
- Dhima, K.V.; Lithourgidis A.S.; Vasilakoglou, I.B. y Dordas, C.A. 2007. **Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio**. Field Crops Research. Núm. 100. pp: 249-256.
- Ebel, Roland, José Pozas, Florencio Soria y Jesús Cruz. 2017. **Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo**. Terra Latinoamericana. Vol. 35. pp: 149-160.
- Echánove, Flavia. 2000. **La industria mexicana de hortalizas congeladas y su integración a la economía estadounidense**. Investigación Geográfica. Núm. 43, diciembre, pp: 105-121.
- Emanuelli, María y Monsalve Sofía (2009). Los monocultivos como megaproyectos o proyectos de desarrollo. *In:* María Emanuelli, Sofía Monsalve y Jennie Jonsén (Comps.). **Azúcar verde, desiertos verdes**. pp. pp. 13-37. FIAN Internacional, FIAN Suecia, HIC-AL, SAL. 1ra edición.
- Esteva, Gustavo. 1978. **¿Y si los campesinos existen?**. Comercio Exterior Vol. 28. Núm. 6. Pp: 699-713.
- Fernández, Raúl. 1983. **Metodología de la investigación**. Ilustrada con un estudio de crédito agrícola. México. Editorial Trillas. 1a edición. 230 p.
- Esmaeilia, A. Sadeghpourb, S.M.B. Hosseinia, E. Jahanzada, M.R. Chaichia y M. Hashemi. 2011. **Evaluation of seed yield and competition indices for intercropped barley (*Hordeum vulgare*) and annual medic (*Medicago***

- scutellata**). International Journal of Plant Production. Vol. 5. Núm. 4. pp: 395-404.
- Gallopín, Gilberto. 2003. **Sostenibilidad y desarrollo sostenible**: un enfoque sistémico. Serie Medio Ambiente y Desarrollo. Santiago de Chile. CEPAL. Núm. 64. 41 p.
- García, Abisaí. 2007. **Los agaves de México**. Ciencias. Núm. 87, julio-septiembre pp: 14-23.
- García, Adriana y Francisco Macías. 2012. **Producción de maguey y mezcal**: estrategias de desarrollo rural en Teúl de González Ortega, Zacatecas. Revista de Geografía Agrícola. Núm. 45. pp: 7-17.
- García, Beatriz e Isaías López. 2009. **Como estimar carga animal para pastoreo continuo**, México. Revista Agrum. Núm. 29. pp: 38-40.
- García, Javier. 2004. **Ecofisiología de plantas jóvenes del agave Azul (*Agave tequilana*) Weber**. Tesis de maestría en Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Jalisco, México. 30 p.
- García, Javier, Jesús Méndez y Daniel Talavera. 2010. **El género *Agave* spp. En México**: principales usos de importancia económica y agroecológica. RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición. Edición especial. Núm. 5. pp: 109-129.
- Gaytán, Marie y Sarah Bowen. 2015. **Naturalizing neoliberalism and the de-Mexicanization of the tequila industry**. Environment and Planning. Vol. 47. pp: 267-283.
- Gentry, Howard. 1982. **Agaves of Continental North America**. The University of Arizona Press. 670 p.

- Gerritsen, Peter, Juan Rosales, Arturo Moreno y Luis Manuel Martínez. 2011. **Agave Azul y el desarrollo sustentable en la cuenca baja del río Ayuquila**, Costa Sur de Jalisco (1994-2004). *Región y Sociedad*. Vol. 23. Núm. 51. pp: 161-192.
- Gil, Juan Antonio. 2016. **Técnicas e instrumentos para la recogida de información**. Universidad Nacional a distancia. Madrid, España. 303 p.
- Gliessman, Stephen. 2013. **Agroecología: plantando las raíces de la resistencia**. *Agroecología*. Núm. 8. pp: 19-26.
- Gómez, Federico. 2011. **Aprovechamiento, manejo y valoración de plantas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México**. Tesis de doctor en ciencias (Biología. Universidad Autónoma de México. México. 195 p.
- Gómez-Arriola, Luis. 2010. **La arquitectura del tequila**. Lectura de los espacios para la producción del vino mezcal de Tequila: el impacto de la evolución de los procesos de elaboración en el espacio productivo siglos XVI-XXI. Tesis de doctorado en Arquitectura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 486 p.
- Gómez-Arriola, Luis. 2012. **Tequila, de la antigua taberna artesanal a una industria de alcance global**, Guadalajara, Jalisco. Editorial Quid Media Services. 168 p.
- Gómez, Roberto. 1977. **Introducción al muestreo**. Tesis de maestro en Ciencias especialista en estadística. Escuela Nacional de Agricultura. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 259 p.
- González, Adrián. 2010. **Principios para la Clasificación de los Sistemas Agrícolas**. México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional del Centro. Primera Edición. 43 p.

- González, Ángel. 2007. **Plan municipal de Desarrollo Rural Sustentable de Tequila Jalisco**. Gobierno del Estado de Jalisco. SEDER-SAGARPA. Guadalajara, Jalisco. 64 p.
- González, Ángel. 2011. **Diagnóstico del sistema producto Agave**. Microrregión 4, Zona Agavera. Tequila, Jalisco. Consejo municipal de Desarrollo Rural Sustentable de las región Valles. 54 p.
- González de Molina, Manuel. 2013. **Agroecología y política. ¿Cómo conseguir la sustentabilidad? Sobre la necesidad de una agroecología política**. Agroecología. Vol. 8. Núm. 2. pp: 35-43.
- González, Lucia. 2010. **Modelo turístico sustentable para el municipio de tequila, Jalisco, México**: una perspectiva del desarrollo local. Tesis de doctor en ciudad, territorio y sustentabilidad. Jalisco. Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño, Universidad de Guadalajara. 386 p.
- González, Lucia. 2011. **El modelo sustentable para la actividad turística del municipio de Tequila, Jalisco**. Architecture, City and Environment. Vol. 5. Núm. 15. pp: 95-102.
- González, Humberto y Alejandro Macías. 2007. **Vulnerabilidad alimentaria y política agroalimentaria en México**. Desacatos. Núm. 25. pp: 47-78.
- González, Valentina. 2015. **Tequila rompe récord de exportación en 2014**. Revista Manufactura. Febrero 2015. Disponible en:  
<http://www.manufactura.mx/industria/2015/01/14/tequila-rompe-record-de-exportacion-en-2014>. Consultado el 12 de agosto de 2016.
- Granados, Diódoro. 1993. **Los agaves en México**, México: Universidad Autónoma de Chapingo. Primera edición. 252 p.

- Guevara, Rubén, Juan Galván, Rogelio Pelayo y Angélica Miramontes. 2009. **Degradación de suelos:** Efecto de manejo del cultivo de agave Azul. Ponencia presentada en el X Simposio Internacional y V Congreso Nacional de Agricultura sostenible, realizado el 9 al 14 de noviembre, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Guevara, Rubén, Rogelio Pelayo y Angélica Miramontes. 2012. **Agave Azul, distribución e impacto sobre la frontera forestal:** Evaluación bajo la perspectiva ambiental del desarrollo sustentable. México. Editorial Académica Española. 100 p.
- Krantz, A 1974. **Patrones de cultivo para aumentar y estabilizar la producción agrícola en los trópicos semiáridos,** en Inter. Taller sobre sistemas agrícolas. India ICRISAR.
- Brundtland, Go Harlem *et al.* 1987. **Our Common Future.** Report of the World Commission on Environment and Development. General Assembly United Nations. Fourty Second Session. A/43/427, 4 August 1987. 374 p.
- Hart, Robert. 1985. **Conceptos básicos sobre Agroecosistemas.** Serie material de enseñanza. Turrialba, Costa Rica. Centro Agrícola Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). No. 1. 160 p.
- Henson, Spencer y John, Cranfield. (2013). Planteamiento de un caso político para las agroindustrias y agronegocios en los países en desarrollo. *In:* Carlos, da Silva, Doyle Baker, Andrew Shepherd, Chakib Jenane, y Sergio Miranda (Eds.). **Agroindustrias para el desarrollo.** 11-50 pp. Italia, Roma. FAO.
- Hernández, José de Jesús y Margarita Hernández 2011. **La vida social del agave tequilero.** Carta económica regional. Año 23/24, Núm. 108/110, junio- diciembre, pp: 13-36.

- Hernández, José de Jesús. 2014. **La jornalerización en el paisaje agavero. Actividades simples, organización compleja.** México, D.F. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. 218 p.
- Hernández, Alfonso. 2007. **Pastoreo Rotacional Intensivo.** México. SAGARPA-COLPOS. Ficha 1. 8 9.
- Hernández, Gerardo, Ericka Flores y Miguel Cházaro. 2007. Los agaves de Jalisco, México: Análisis de relaciones genéticas mediante marcadores AFLP. *In: Vázquez, Antonio; Vargas, Yalma y Saldívar, Sara (Eds.).* pp. 92-99. **Agaves del Occidente de México,** México, Jalisco. Universidad de Guadalajara-CUCBA, CRT, CIATEJ, LSU y CONAFOR. Serie Fronteras de Biodiversidad, Vol. 3.
- Hernández X. Efraím. 1977. **Agroecosistemas de México:** Contribución a la enseñanza, la investigación y la divulgación agrícola. México. Escuela Nacional de Agricultura. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México. 559 p.
- Herrera, Lusmila. 2011. **El sistema de producción de Agave tequilana Weber var. Azul y el Desarrollo Local en Tequila, Jalisco.** Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Puebla, México. 107 p.
- Herrera, Lusmila, Pedro Juárez, Benito Ramírez y Jorge Antonio Hernández. 2013. **El cultivo de Agave tequilana Weber por pequeños productores de Tequila,** Jalisco. Agroproductividad. Núm. 6. pp: 21-26.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 1999. **El desarrollo rural sostenible en el marco de una nueva lectura de la ruralidad.** Dirección Rural Sostenible. San José, Costa Rica. 56 p.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. **Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tequila, Jalisco**. Disponible en:

[http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-](http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/14/14094.pdf)

[geograficos/14/14094.pdf](http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/14/14094.pdf). Consultado el 4 de septiembre de 2012.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. **Censo de Población y Vivienda 2010: Tabulados del Cuestionario Ampliado**. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos>. Consultado el 10 de julio de 2013.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), Instituto Nacional de Ecología (INE) y Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 2000. **Indicadores de Desarrollo Sustentable en México**, México. Agenda 21. 1ra edición. 84 p.

Jáuregui, Jesús, Murilo Kushchick, Hilario Itriago y Ana Isabel García. 1980. **Tabamex: un caso de integración vertical de la agricultura**. México, DF. Nueva Imagen. 1ra Ed. 380 p.

Kitonyo, Onesmus; Chemining'wa, George y Muthomi, James. 2013. **Productivity of farmer-preferred maize varieties intercropped with beans in semi-arid Kenya**. International Journal of Agronomy and Agricultural Research. Vol. 3. Núm. 1. pp: 6-16.

Kumaraswamy, Srikanth. 2012. **Sustainability issues in agroecology: Socioecological perspective**. Agricultural Sciences. Vol. 3. Núm. 2. pp: 153-169.

Krantz, Bertil y Associates. 1974. **Cropping patterns for increasing and stabilizing agricultural production in the semi-arid tropics**. International Workshop on Farming Systems. India. International Crops Research Institute for the Semi -Arid Tropics (ICRISAT). Noviembre, pp: 18-21.

- Llamas, Jorge. 1999. **La política del agave**. Estudios Agrarios. Núm. 13, septiembre-diciembre. pp: 9-29.
- Llamas, Jorge. 2000. **La génesis social de El Barzón del Agave**. Espiral. Vol. VI. Núm. 17, abril. pp: 121-145.
- H. Congreso de la Unión. 2004. Ley de Desarrollo Rural Sustentable. . México. DF. SAGARPA-INAFED-INCA RURAL. DOF. 7 de diciembre de 2001. 105 p.
- López, Francisco. 2006. **La política Agropecuaria en México**. Claridades Agropecuarias. Núm. 155, julio, pp: 3-13.
- León, Nitzia, Gisela Campos, José Enríquez, Arturo Velasco, Francisco Marini y Gerardo Rodríguez. 2013. **Diversidad de especies de agave en San Miguel Tilquiapam, Ocotlán, Oaxaca**. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Núm. 6. pp: 1185-1195.
- Linck, Thierry. 1992. **Cambio técnico y marco macroeconómico de la “modernización” de la agricultura campesina**. Relaciones 49. Invierno 1992, vol. XIII. pp: 7-33.
- López, Fabiola y Rosario Landgrave. 2008. Variación de la Biodiversidad a nivel paisaje. *In*: Robert, Manson, Vicente Hernández, Sonia Gallina y Klaus Mehltreter (Eds.). **Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz**. Biodiversidad, manejo y conservación. pp: 259-269 México. Instituto de Ecología A.C.- Instituto Nacional de Ecología.
- López, Irma, Rubén Iruegas y Pedro Alemán. 2008. **Leguminosas asociadas al cultivo del agave (*Agave tequilana*)**. Memorias del XXVIII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza, realizado el 12 al 16 de noviembre del 2007, en Mazatlán, Sinaloa.

- Luna, Rogelio. 1991. **La historia del tequila, de sus regiones y de sus hombres**. México, DF. CONACULTA. 302 p.
- Luna, Rogelio. 2011. **Análisis del mercado nacional y norteamericano del tequila**. Continuidades y tendencias recientes. Carta Económica Regional. Año 23/24. Núm. 108/110, junio 2011- diciembre 2012. pp: 37-58.
- Macías, Alejandro y Ana Valenzuela. 2009. **El tequila en tiempos de la mundialización**. Comercio Exterior. Vol. 59. Núm. 6. pp: 459-472.
- Macías, Alejandro. 2001. **El clúster en la industria del Tequila en Jalisco, México**. Agroalimentaria. Vol. 13. Núm. 13. pp: 57-72.
- Mahapatra, Subhash. 2011. **Study of Grass-Legume Intercropping System in Terms of Competition Indices and Monetary Advantage Index under Acid Lateritic Soil of India**. American Journal of Experimental Agriculture. Vol. 1. Núm. 1. pp: 1-6.
- Makinlay, Horacio. 2011. **La agroindustria del tabaco en México y la formación de la empresa paraestatal Tabamex: 1920-1972**. Polis. Vol. 7. Núm. 2. pp: 213-262.
- Marlats, Raúl, Gerardo Denegri, Ansín Emir y Jorge Lanfranco. 1995. **Sistemas silvopastoriles: estimación de beneficios directos comparados con monoculturas en la Pampa Ondulada, Argentina**. Agroforestería en las Américas. Año 2. Núm. 8. pp: 20-25.
- Martínez, Luis; Peter Gerritsen, Jesús Rosales, Arturo Moreno, Sarahy Contreras, Arturo Solís, Luis Rivera, Oscar Cárdenas, Luis Iñiguez, Ramón Cuevas, Carlos Palomera, Edith Aguirre y José Luis Olguín. 2007. Implicaciones socioambientales de la expansión del cultivo de agave Azul (1995-2002) en el municipio de Tonaya, Jalisco, México. *In*: Patricia, Colunga, Alfonso Larqué, Luis Eguiarte y Daniel Zizumbo (Eds.). **En lo ancestral hay**

**futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves.** 265-284 pp. México: CICY, A.C.

Martínez, Róger. 2004. **Fundamentos culturales, sociales y económicos de la Agroecología.** Ciencias Sociales. Núm. 103-104. pp: 93-102.

Masera, Omar, Marta Astier, y Santiago López. 1999. **Sustentabilidad y manejo de recursos Naturales.** El marco de evaluación MESMIS. México. Mundiprensa. 82 p.

Massieu, Yolanda. 2000. **Estrategias empresariales globales y agroexportaciones mexicanas:** ahora el tequila. El Cotidiano. Vol. 16. Núm. 99. pp: 103-112.

Marten, Gerald. 1988. **Productivity, Stability, Sustainability, equitability and autonomy as properties for agroecosystem assessment.** Agricultural System. Núm. 26. pp: 291-316.

Monge, María Fernanda. 2012. **Análisis de la cadena productiva de Tequila: el caso de Jalisco.** Tesis de Licenciatura de Economía. UAM, Azcapotzalco. México. 72 p.

Mogrovejos, Rodrigo. 2010. **Desarrollo:** enfoques y dimensiones. Centro Boliviano de Estudios Multidisciplinarios. Disponible en: [2ww.cebem.org/cmsfiles/publicaciones/Desarrollo.pdf](http://2ww.cebem.org/cmsfiles/publicaciones/Desarrollo.pdf). Consultado el 16 de enero de 2014.

Monroy, Benito, Eulogio Pimienta, Salvador Hurtado y Javier García. 2005. **Efecto competitivo de la maleza sobre el crecimiento y la respuesta fisiológica de agave (*Agave tequilana* Weber var. *Azul*) en la región de Tequila, Jalisco, México.** Scientia-CUCBA, Vol. 7. Núm. 2, diciembre. pp: 113-130.

- Moonen, Anna y Bàrberi, Paolo. 2008. **Functional biodiversity: An agroecosystem approach.** Agriculture, Ecosystems and Environment. Núm. 127. pp: 7-21.
- Morales, Jaime. 2004. **Sociedades rurales y naturales.** En búsqueda de alternativas hacia la sustentabilidad. Guadalajara, Jalisco. Instituto de Estudios Tecnológicos Superiores de Occidente. ITESO-Universidad Iberoamericana. 249 p.
- Morales, Francisco y Mario Martínez. 2007. **Rotación de cultivos,** México: Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural, COLPOS, Sistema de Agronegocios Agrícolas. Ficha técnica 1. 8 p.
- Moreno, Arturo, Néstor Estrella, Sergio, Escobedo, Ángel Bustamante y Peter Gerritsen. 2011. **Prácticas de manejo agronómico para la sustentabilidad: características y medición en Agave tequilana weber en la región Sierra de Amula, Jalisco.** Tropical and Subtropical Agroecosystems. Vol. 4. Núm. 1, enero-abril. pp: 159-169.
- Moreno, Arturo. 2010. **Factores asociados a las sustentabilidad de agroecosistemas de agave Azul (*Agave tequilana* Weber) en la región Sierra de Amula, Jalisco:** propuesta metodológica para su medición. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Puebla. México. 163 p.
- Muriá, José María. 1990. **El tequila.** Boceto histórico de una industria. Cuadernos de difusión científica 18, Programa de estudios Jaliscienses. Guadalajara, Jalisco. Gráfica Nueva. Universidad de Guadalajara. 85 p.
- Muriá, José María. 2008. **Momentos del tequila.** El tequila: arte tradicional de México. México. Artes de México. 3ra edición. Núm. 27. pp: 29-36.

- Nava, Arturo, Arturo Moreno, Peter Gerritsen y Jesús Rosales. 2006. **El agave en Tonaya, Jalisco: tradición vs globalización**. Carta Económica Regional. Año 19. Núm. 97. pp. 3-9.
- Navarro, Angélica y Ramón Goyas. 2011. **Las tierras de los pueblos en la región Valles de Jalisco, de la Independencia a la Revolución Mexicana**. Estudios Agrarios. Núm. 53-54. pp: 177-197.
- Nevárez, Daniela 2012. **Aprovechamiento de residuos agroforestales para el cultivo de hongos comestibles (*Pleurotus sp.*)**. Tesis de maestría en ciencias en Gestión Ambiental. Instituto Politécnico Nacional. México. 98 p.
- Nieves, Gregorio y Héctor Luquín. 2007. Fibras y artesanías con Agave. *In*: Antonio, Vázquez, Yalma, Vargas y Sara Saldívar (Eds.). **Agaves del Occidente de México**. pp. 11-122. México. Universidad de Guadalajara-CUCBA, CRT, CIATEJ, LSU y CONAFOR. Serie Fronteras de Biodiversidad, Vol. 3.
- Nikolaeva, Velitchka y Víctor Niño. 2007. Deficiencia inducida de elementos nutritivos en el cultivo del agave. *In*: Juan, Pérez, José del Real (Eds.). **Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila**. pp. 89-119. Guadalajara, Jalisco, México. Prometeo editores. Libro técnico Núm. 4.
- Nobel, Park. 1988. **Environmental Biology of Agaves and cacti**. Cambridge University Press. New York. 270 p.
- Nobel, Park. 2011. **Sabiduría del desierto, agaves y cactus: CO<sub>2</sub>, agua, cambio climático**. México. Colegio de Postgraduados-Mundi Prensa. 2a edición.160 p.
- Nobel, Park, Miguel Castañeda, Gretchen North, Eulogio Pimienta y José Ariel Ruiz. 1998. Temperature influences on leaf CO<sub>2</sub> exchange, cell viability and

cultivation range for *Agave tequilana*. Journal of Arid Environments. Núm. 39. pp: 1-9.

ONU (Organización de las Naciones Unidas). 1992. Programa 21. Cumbre de la Tierra. Disponible en:  
<http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21sptoc.htm>.  
Consultado el 18 de junio de 2017.

Orozco, José. 2010. La globalización y su relación con la competitividad de la industria del Tequila. *In*: Claudia, Gómez, Floriberto Miguel, José Orozco y María Alanis (Coords.). **Propiedad industrial como herramienta competitiva frente a la globalización: el caso del tequila y el Consejo Regulador Tequila en México**. pp. 143-167. México: Universidad de Guadalajara.

Orozco, José. 2011. **Las relaciones de poder en los intercambios comerciales de la cadena, productiva del tequila y su incidencia en la competitividad de la rama industrial**. Tesis doctoral, Doctorado en Estudios Científico Sociales. Tlaquepaque, Jalisco. ITESO. 249 p.

Pimienta, Eulogio; Celia Robles y Park Nobel. 2001. **Net CO<sub>2</sub> uptake for Agave tequilana in a warm and a temperate environment**. Biotropica. Vol. 2. Núm. 33. pp: 312-318.

Pimienta, Eulogio, Benito Monroy, Salvador Hurtado, Pedro Posos y Javier García. 2007. **Efecto competitivo de la maleza sobre el crecimiento y la respuesta fisiológica de agave (*Agave tequilana* Weber var. Azul)**. Memorias del XXVIII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. *In*: Gerardo, Martínez, Francisco López, Enrique Rosales y Germán Bojórquez (Comps.), realizado el 12 al 16 de noviembre, en Mazatlán, Sinaloa, pp. 134-139.

- Pimienta, Eulogio, Julia Zañudo y Javier García. 2006. **Fotosíntesis estacional en plantas jóvenes de *Agave tequilana***. Agrocienca. Vol. 40. Núm. 6. noviembre-diciembre, pp: 699-709.
- Pulido, Juan y Gerardo Bocco. 2003. Los sistemas de uso del suelo tradicionales. *In*: Alejandro, Velázquez, Alejandro Torres y Gerardo Bocco, (Comps.). **Las enseñanzas de San Juan**. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales. 325-346 pp. México DF. INE-SEMARNAT.
- Plascencia, Roberto. 1985. **Evaluación técnica económica sobre el cultivo de agave**. Tesis de licenciatura Facultad de Agricultura Universidad de Guadalajara. Jalisco, México. 80 p.
- Pérez, Elia, Ma. del Carmen Chávez y, Juan Carlos González. 2016. **Revisión del agave y el mezcal**. Revista Colombiana de Biotecnología. Vol. XVIII. Núm. 1, enero-junio, pp: 148-164.
- Pilatti, Mario. 1993. **La integración vertical en los complejos agroindustriales**. Tesis de maestría en Economía Internacional. Universidad de la República. 112 p.
- PROFECO (Procuraduría Federal del Consumidor). 2009. **Tequila**. Folleto de divulgación.
- Quiroga, Rayén. 2007. **Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe**. Santiago de Chile. CEPAL. Serie manuales. 228 p.
- Quiroz, Ignacio, Silvia del Amo Rodríguez y José María Ramos Prado. 2011. **Desarrollo sustentable, ¿Discurso político o necesidad urgente?**. Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana. Vol. 24. Núm. 3, septiembre diciembre.

- Ramírez, Hugo, Cecilia Peña y Rogelio Aguirre. 2014. **Respuestas bioquímico-fisiológicas de especies de Agave a la restricción de humedad.** Botanical Sciences. Vol. 1. Núm. 92. pp: 131-139.
- Reijntjes, C, Haverkart B. y Walters-Bayer, A. 1992. **Farming for the future: An Introduction to Low-External Input and Sustainable Agriculture.** MacMillan Press Ltd., London, U. K. 162 p. + Appendices.
- Restrepo, José, Diego Ángel y Martín Prager. 2000. **Agroecología.** Colombia. Universidad Nacional de Colombia y Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola (FIDAR). 120 p.
- Rodríguez, Ramón, Ernesto Alcantar, Gilberto Iñiguez, Francisco Zamora, Pedro García, Mario Ruiz y Eduardo Salcedo. 2010. **Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo de agave tequilero.** Interciencia. Vol. 35. Núm. 7. pp: 515-520.
- Rodríguez, Filemón, Porfirio López y Flavio Aragón. 2005. **Chile de agua con duraznos y maíz con agave mezcalero,** dos sistemas de cultivo alternativos para laderas degradadas en Oaxaca, México. Memoria del Simposio Internacional de Restauración Ecológica, realizado el 17 al 21 de noviembre, en Santa Clara, Cuba.
- Rojas, Néstor, José Escalante, Víctor Conde, José Mejía y Ramón Díaz. 2017. **Rendimiento del frijol ayocote y maíz del agrosistema asociado en función del número de plantas por mata.** Terra Latinoamericana. Vol. 35. Núm. 3. pp: 219-228.
- Rojas-Soriano, Raúl. 2009. **Guía para realizar Investigaciones sociales.** México DF: Plaza y Valdez editores. 31a edición. 437 p.
- Rojas-Soriano, Raúl. 2013. **Guía para realizar investigaciones sociales.** México. Plaza y Valdés Editores. Novena a trigésima octava edición. 437 p.

- Ruiz, José Ariel, Eulogio Pimienta y Julia Zañudo. 2002. **Regiones térmicas óptimas y marginales para el cultivo de *Agave tequilana* en el estado de Jalisco**. Agrocienca. Núm. 36. pp: 41-53.
- Rubio, Ramón. 2007. Enfermedades del cultivo del agave. *In*: Juan Pérez, José del Real (Eds.). **Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de *Agave tequilana* Weber en la zona de denominación de origen del tequila**. pp. 169-195. Jalisco. Prometeo editores. Libro técnico Núm. 4.
- Ruiz, José Ariel. 2007. Requerimientos agroecológicos y potencial productivo del agave (*Agave tequilana* Weber). *In*: Juan Pérez, José del Real (Eds.). **Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de *Agave tequilana* Weber en la zona de denominación de origen del tequila**. pp. 11-37. Jalisco. Prometeo editores. Libro técnico Núm. 4.
- Ruiz, José Ariel, Guillermo Medina, Irma González, Hugo Flores, Gabriela Ramírez, Ceferino Ortiz, Keir Byerly y Ramón Martínez, (2013). **Requerimientos Agroecológicos de cultivos**. Jalisco. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro (INIFAP). Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. 2a edición. 564 p.
- Ruiz, Tomás, Gustavo Febles, Humberto Díaz, José Díaz. 2007. **Efecto del intercalamiento de cultivos temporales en el establecimiento de una mezcla múltiple de leguminosas rastreras asociadas a *Panicum máximum***. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Tomo 41. Núm. 3. pp: 275-278.
- Said, Gil y Guillermo Zarate. 2012. **Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario**. Colegio de Postgraduados. México. 3a edición. 610 p.
- Saldívar, Sara y Yalma Varga. 2007. Usos de agaves en el México prehispánico en Agaves del Occidente de México. *In*: Antonio, Vázquez, Yalma Vargas y Sara Saldívar (Eds.). **Agaves del Occidente de México**. pp. 112-118.

México. Universidad de Guadalajara-CUCBA, CRT, CIATEJ, LSU y CONAFOR. Serie Fronteras de Biodiversidad. Vol. 3.

Salamanca, Mario y Santiago Medina. 2007. Manejo de la maleza en plantaciones de agave tequilero. *In*: Juan Pérez y José del Real (Eds.). **Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de *Agave tequilana* Weber en la zona de denominación de origen del tequila.** pp. 117-134. Guadalajara, Jalisco. Prometeo editores. Libro técnico Núm. 4.

Sans F.X. 2007. **La diversidad de los Agroecosistemas.** Ecosistemas. Ecosistemas. Vol. 16. Núm. 1, enero. pp: 44-49.

Santacruz, Fernando, Martha Torres, y Liberato Portillo. 2008. **Micropropagación de *Agave tequilana* Weber cv. Azul:** Problemas y perspectivas. scientia-CUCBA. Vol. 10. Núm. 1-2, diciembre. pp: 7-20.

Sevilla, Eduardo y Marta Soler. 2010. **Del desarrollo rural a la Agroecología.** Hacia un cambio de paradigma. Patrimonio cultural en la nueva ruralidad Andaluza. Córdoba, España. PH Cuadernos Documentación Social, Monografía. Núm. 155. pp: 25-41.

Sevilla, Eduardo. 2011. **Sobre los orígenes de la Agroecología en el pensamiento Marxista y Libertario.** Bolivia. AGRUCO-Plural editores-CDE-NCCR, Primera edición. 168 p.

Shanin, Teodor. 1976. **Naturaleza y lógica de la economía campesina.** Anagrama. España. 85 p.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2015. **Cierre de la producción agrícola por estado.** Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Agave. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp). Consultado el 4 de junio de 2015.

- Sivila, Ruth y Wilma Angulo. 2006. **Efecto del descanso agrícola sobre la microbiota del suelo** (Patarani-Altiplano Central boliviano). *Ecología en Bolivia*. Vol. 41. pp: 103-115.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2004. **Introducción a la realización de proyectos productivos sustentables para el campo mexicano. México**. Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU). 1a edición. 72 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. **Agenda Técnica Agrícola de Jalisco**. 124 p.
- SIAP (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera). 2017. **Anuario estadístico de la producción Agrícola**. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/ientidad/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/ientidad/index.jsp). Consultado el 11 de marzo de 2017
- Suárez, Alfonso. 2011. **Percepciones estéticas en torno al paisaje del agave y el tequila**. *Carta Económica Regional*. Año 23/24. Núm. 108/110, junio-diciembre. pp: 59-80.
- Seran, Thayamini y Karunarathna Brintha. 2009. **Biological and Economic Efficiency of Radish (*Raphanus sativus* L.) Intercropped with Vegetable Amaranthus (*Amaranthus tricolor* L.)**. *The Open Horticulture Journal*. Núm. 2. pp: 17-21.
- Spiaggi, Eduardo, Graciela Ottmann, Alejandro Miretti, Cristian Alesio y Marcelo Frattin. 2016. **Agroecología en la región pampeana argentina: indicadores para la evaluación y sistematización**. *La medición del impacto de la agroecología*. leisa Revista de agroecología. Vol. 32. Núm. 3, septiembre, pp: 26-28.

- Tamayo, Patricia y Juan Piñeros. 2007. **La telefonía de larga distancia: Antecedentes y Perspectivas**. Integración vertical. Integración horizontal. Ecos de Economía. Núm. 24, abril. pp: 20-45.
- Toledo, Víctor. 2002. **Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar**. Articulo. Vol. 3. Núm. 2. abril-junio, pp: 27-36.
- Toledo, Víctor. 2012. **La Agroecología en Latinoamérica: tres revoluciones, una misma transformación**. Agroecología. Núm. 6. pp: 37-46.
- Troyo, Enrique, Rosalía Servín, José García, Bernardo Murillo, Alejandra Nieto, Beltrán, Fenech Luis, y Gustavo Arnaud. 2006. **Planeación y organización del muestreo y manejo integrado de plagas en agroecosistemas con un enfoque de agricultura sostenible**. Universidad y Ciencia. Vol. 22. Núm. 2, diciembre. pp: 191-203.
- Turrent, Antonio. s/f. **El sistema agrícola: un marco de referencia necesario para la Planeación de la investigación agrícola en México**. 24 p.
- Turrent, Antonio, Timothy Wise y Elise Garvey. 2012. **Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México**. INIFAP-Universidad de Tufts, reporte 24. 36 p.
- Urquidi, Víctor. 2000. **México en la globalización**. Condiciones y requisitos de un desarrollo sustentable y equitativo. México, DF. Fondo de la Cultura Económica. 223 p.
- Uvalle, Jaime, Cecilia Vélez y Adriana Ramírez. 2007. Muestreo y análisis de suelo en plantaciones de agave. *In*: Juan, Pérez y José del Real (Eds.). **Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila**. pp. 37-55. Jalisco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y

Pecuarías. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. Libro técnico No. 4.

Uvalle, Jaime y Cecilia Vélez. 2007. Nutrición del Agave tequilero (*Agave tequilana* Weber var. Azul). *In*: Juan, Pérez y José del Real (Eds.). **Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila**. pp. 69-88. Jalisco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarías. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. Libro técnico No. 4.

Uvalle, Jaime y Carlos de la Torre. 2011. Nutrición. *In*: Luis, Rendón, Martín Ávila, Benjamín Rodríguez y José del Real (Eds.). **Manual técnico para el establecimiento de huertas madre de agave Azul**. pp. 59-70. Jalisco: Consejo Regulador del Tequila A.C, Prometeo editores S.A. de C.V. Libro técnico Núm. 1.

Valenzuela-Zapata, Ana. 2000. **Manual para agaveros, Jalisco, México**. Tequila Cazadores. 90 p.

Valenzuela, Ana. 2003. **El Agave tequilero**. Cultivo e industria en México. México. Mundiprensa. 3ra edición. 215 p.

Valenzuela-Zapata, Ana. 2007a. **Diagnóstico del sistema de producción ejidal de *Agave tequilana* W. var. Azul, en la región de origen: 20 años de expansión tequilera**. Ponencia presentada en el Primer Seminario Internacional del Tequila 2007: ambiente, cultura y sociedad, realizado el 1 de diciembre, en Guadalajara, Jalisco. 32 p.

Valenzuela-Zapata, Ana. 2007b. **Las denominaciones de origen Tequila y Mezcal y la biodiversidad en el género *Agave* sp.** Ponencia presentada en el Seminario Biodiversidade e Denominações de Origem: Uma problemática global. Convenio Universidad de Guadalajara y Escola

Superior Agrária de Coimbra 2007-2012, realizado el 12 de abril, en Coimbra, Portugal. 17 p.

Valenzuela, Ana, Philippe Marchenay, Laurence Berard, y Rahim Foroughbakhch. 2007. Conservación de la diversidad de cultivos en las regiones con Indicadores Geográficas: los ejemplos del tequila, mezcal y calvados. *In*: Antonio, Vázquez, Yalma Vargas y Sara Saldívar (Comps.). **Agaves del Occidente de México**. pp. 164-181. México. Universidad de Guadalajara-CUCBA, CRT, CIATEJ, LSU y CONAFOR. Serie Fronteras de Biodiversidad. Vol. 3.

Valenzuela, Ana y Marie Gaytán. 2009. **La expansión tequilera y las mujeres en la industria: del símbolo al testimonio**. Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente. Vol. 9. Núm. 18. pp: 167-195.

Valenzuela-Zapata, Ana. 2009. **Agave Azul, historia por venir**. Patrimonio cultural y turismo, CONACULTA. Núm. 15- cuadernos. 145-158 pp.

Vandermeer, John. 1989. **The Ecology of Intercropping**. Press Syndicate of the University of Cambridge. 1a Ed. 240 p.

Valsiner, Jaan. 2008. **El Desarrollo del Concepto de Desarrollo: Perspectivas Históricas y Epistemológicas** 1, 2. Disponible en: [www.ricardobur.com.ar/.../Jaan%20Valsiner%20-%20El%20Desarrollo](http://www.ricardobur.com.ar/.../Jaan%20Valsiner%20-%20El%20Desarrollo). Consultado el 16 de enero de 2014.

Vargas, Ileana. 2012. **La entrevista en la investigación cualitativa: nuevas tendencias y retos**. Revista Calidad en la Educación Superior Programa de Autoevaluación Académica. Vol. 3. Núm. 1. mayo, pp: 119-139.

Vargas, Ofelia, Daniel Zizumbo y Patricia Colunga. 2007. **In Situ Diversity and Maintenance of Traditional Agave Landraces Used in Spirits Production in West-Central Mexico**. Economic Botany. Núm. 61. pp: 362-375.

- Vázquez, Antonio, Miguel Cházaro, Gerardo Hernández, Yalma Vargas y Ma. del Pilar Zamora. 2007. Taxonomía del género Agave en el occidente del México: una panorámica preliminar. *In*: Antonio, Vázquez, Yalma Vargas, Sara y Saldívar (Eds.). **Agaves del Occidente de México**. pp. 38-82. México. Universidad de Guadalajara-CUCBA, CRT, CIATEJ, LSU y CONAFOR. Serie Fronteras de Biodiversidad. Vol. 3.
- Victoria, María Adriana. 2011. **Integración vertical para la cadena de valor en los Agronegocios**. Estudios Agrarios. Año 17, Núm. 49, octubre-diciembre. pp. 71-95.
- Villa Issa, Manuel. 2011. **¿Qué hacemos con el campo mexicano?**. México. Colegio de Postgraduados. 2da edición. 434 p.
- Warman, Arturo. 1972. **Los campesinos**: hijos predilectos del régimen. Editorial Nuestro Tiempo. Mexico, D.F. 138 p.
- World Bank. 1997. **Are we saving enough for the future?** Expanding the measure of wealth. Indicators of environmentally sustainable development studies and monograph series 17. World Bank. Washington, DC, USA. pp. 7-18.
- Yahuza, Ibrahim. 2011. **Review of some methods of calculating intercrop efficiencies with particular reference to the estimates of intercrop benefits in wheat/faba bean system**. International Journal of Biosciences. Vol. 5. Núm. 1. pp: 18-30.
- Yong, Ania, Anaisa Crespo, Bárbara Benítez, María Pavón y Guillermo Almenares 2016. **Uso y manejo de prácticas agroecológicas en fincas de la localidad de San Andrés, municipio La Palma**. Cultivos Tropicales. Vol. 37. Núm. 3. pp: 15-21.

Zizumbo, Daniel, Ofelia Vargas, Juan Rosales y Patricia Colunga. 2013.  
**Sustainability of the traditional management of *Agave* genetic resources in the elaboration of mezcal and tequila spirits in western Mexico.** Genetic Resources and Crop Evolution. Núm. 60. pp: 33-47.

# ANEXOS

## A. 1 Fotografías del muestreo de suelos





**A. 2 Fotografías de cultivos intercalados y pastoreo**





### A.3 Cuestionario

Estimado agavero(a) mi nombre es Lusmila Herrera Pérez soy estudiante del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo y estoy realizando una encuesta con el fin de conocer las labores y la tecnología que se aplican al cultivo del agave en el municipio de Tequila. La información será tratada de manera confidencial y utilizada estrictamente con fines académicos.

Número de predio

Fecha:

Ubicación geográfica:

Monocultivo  Policultivo  ATM  ATP

#### 1. CARACTERÍSTICAS PERSONALES DEL AGAVERO (A)

- 1.1 Nombre: \_\_\_\_\_
- 1.2 Edad:   años X1      1. 2 Sexo:    1) Masculino      2) Femenino  Y1.2
- 1.3 Localidad: \_\_\_\_\_ 1.4 Municipio: \_\_\_\_\_
- 1.5 Estado civil: 1) Solter@ 2) Casad@ 3) Unión libre 4) Viud@ 5) Divorciad@ 6) Otro \_\_\_\_\_  
 Y1.5
- 1.6 Escolaridad:   años   X2
- 1.7 ¿Pertenece a la Asociación de Agaveros?    1) Si    2) No  
 Y1.7

#### 1. Características generales de las plantaciones de agave (monocultivo y policultivos)

Predio	Tipo de propiedad <sup>13</sup>	Pendiente <sup>14</sup>	Superficie Total	Superficie Intercalado	Especies que intercala <sup>15</sup>	Color y textura del suelo <sup>16</sup>	Edad de las plantas
W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	W <sub>4</sub>	W <sub>5</sub>	W <sub>6</sub>
1							
2							
3							
4							
5							
Total T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>		

<sup>13</sup> 1) Privada 2) Ejidal

<sup>14</sup> 1) Fuerte 2) Ligera 3) Moderada 4) Plano

<sup>15</sup> 1) Maíz 2) Frijol 3) Maíz-frijol 4) Cacahuete 5) Sorgo 6) Jamaica 7) Frutales 8)

Otros \_\_\_\_\_

<sup>16</sup> 1) Rojizos (arcillosos) 2) Grises 3) Café 4) Negros



- 3) Frijol  Y9.3
- 4) Hortalizas  Y9.4 \_\_\_\_\_
- 5) Chía  Y9.5
- 6) Otro  Y9.6 \_\_\_\_\_

10. ¿Tenía otro cultivo antes de establecer su plantación de agave?  
 Y10

- 1) Si (continúe)
- 2) No (Pase a 12)

11. En caso de SI en P10 ¿Cuál(es)?  
 Y11

- 1) Maíz  Y11.1
- 2) Frijol  Y11.2
- 3) Sorgo  Y11.3
- 4) Otro  Y11.4 \_\_\_\_\_

12. ¿Le gustaría sembrar otro(s) cultivo(s)?  
 Y12

- 1) Si
- 2) No (pase a la 15)

13. En caso de SI en P12 ¿Cuál(es)?

- 1) Maíz  Y13.1
- 2) Frijol  Y13.2
- 3) Sorgo  Y13.3
- 4) Otro  Y13.4 \_\_\_\_\_

14. ¿Por qué le gustaría sembrar otro(s) cultivo(s)?  
 Y14

- 1) Porque ya no tiene buen precio el agave
- 2) Porque es más rentable el otro cultivo
- 3) Hay más apoyos institucionales para el otro cultivo
- 4) Porque tiene mayor conocimiento del otro cultivo
- 5) Tiene más mercado
- 6) Otro \_\_\_\_\_

15. ¿Usted realiza en su plantación el cultivo ESCALONADO (diferentes edades)?  
 Y15

- 1) Si
- 2) No (pase a la 19)

16. ¿Cuál es el motivo de realizar plantaciones escalonadas en su mezcalera?  
 Y16

- 1) Tener diferentes edades de agaves
- 2) Evitar pérdidas en la producción
- 3) Realiza diferentes usos (elaboración de tequila)
- 4) Aprovechamiento del predio
- 5) Otro \_\_\_\_\_

17. ¿De qué edades son las plantas que se encuentran en su predio?

- 1) De 1 año  X3
- 2) De 2 años  X4
- 3) De 3 años  X5
- 4) De 4 años  X6
- 5) De 5 años  X7
- 6) De 6 años  X8
- 7) De 7 a 8 años  X9

18. ¿Desde qué año realiza el cultivo escalonado?  
 X10

**Diversificación de especies animales y vegetales**

19. ¿El predio en donde plantó el agave tuvo que ser desmontando?  
 Y19

- 1) Si
- 2) No

20. ¿Qué especies de árboles frutales tuvo que desmontar?  
 Y20

- 1) Ciruelos
- 2) Mangos
- 3) Guamúchil
- 4) Limón
- 5) Huizache
- 6) Guácima
- 7) Campanilla
- 8) Otro \_\_\_\_\_

21. ¿Qué especies de árboles silvestres tuvo que desmontar?  
 Y21

- 1) Mezquites
- 2) Tepame
- 3) Papelillo rojo (*Bursera*)
- 4) Pinos
- 5) Robles
- 6) Otro \_\_\_\_\_

22. ¿Realiza el pastoreo de ganado en su plantación de agave?  
 Y22

- 1) Si (pase a la siguiente pregunta)
- 2) No (pase a la 29)

23. ¿Usted qué sistema de pastoreo de su ganado maneja en su plantación de agave?  
 Y23

- 1) Pastoreo continuo o extensivo
- 2) Pastoreo rotacional (de un predio a otro)
- 3) Pastoreo diferido (descanso de predios)

4) Otro tipo \_\_\_\_\_

24. ¿Qué tipo de ganado pastorea en sus mezcaleras?  
 Y24

- 1) Bovinos
- 2) Ovinos
- 3) Equinos
- 4) Caprinos
- 5) Otro \_\_\_\_\_

25. APROXIMADAMENTE ¿Cuánto ganado pastorea por hectárea?  
  X11

26. ¿Cuánto tiempo pastorea el ganado? Años por ciclo   X12 Por meses del año   X13

27. Usted ¿cree conveniente el pastoreo en las plantaciones?  
 Y27

- 1) Si
- 2) No

28. ¿Por qué? A2

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Prácticas de manejo para evitar pérdida de suelo y agua**

29. ¿Qué tipo de prácticas realiza para evitar la EROSIÓN?  
 Y29

- 1) Mantiene la cobertura vegetal (pencas de agave)
- 2) Planta el agave con orientación de los surcos inverso a la pendiente
- 3) A través de curvas a nivel
- 4) Obras de conservación de suelo y agua
- 5) No siembra en coamiles
- 6) Otro \_\_\_\_\_

30. ¿Cuál es el tiempo de descanso antes de plantar agave en el predio?  
 En años   X14 En  
 meses    X15

31. ¿Considera que las labores culturales que realiza en el cultivo del agave son amigables con el ambiente?

1. Fertilización (químicos)	1) Si	2) No	Y31a
-----------------------------	-------	-------	------



- 1) Padre
- 2) Hermano
- 3) Aprendió en tequilera
- 4) Tíos
- 5) Amigos
- 6) Otro \_\_\_\_\_

**39. ¿Qué prácticas aún realiza y que actualmente ya no es común por los agaveros o en las tequileras?**

Y39

- 1) Barbeo
- 2) Cacheteo
- 3) Intercalar cultivos
- 4) Pica
- 5) Otro \_\_\_\_\_

**40. ¿Cuáles miembros de su familia lo apoyan en labores agrícolas en las plantaciones?**

Y40

- 1) Esposa (o)
- 2) Hijos (as)
- 3) Yernos o nueras
- 4) Hermanos (as)
- 5) Sobrinos (as)
- 6) Otro \_\_\_\_\_

**41. ¿Cree que sus hijos se dedicaran al cultivo del agave?**

Y41

- 1) Si
- 2) No

**42. ¿Por qué? A4**

---



---



---



---

**43. ¿Cuál cree usted que son los principales PROBLEMAS el cultivo del agave?**

Y43

- 1) Control de plagas, malezas y enfermedades
- 2) Carencia de asistencia técnica
- 3) Comercialización
- 4) Sobreproducción
- 5) Precios bajos
- 6) Otro \_\_\_\_\_

**44. ¿Cuál cree que son las principales VENTAJAS en el cultivo del agave?**

Y44



51. ¿Considera que las instituciones relacionadas al agave han apoyado a mejorar la producción?

- 1) Si  2) No  
 Y51

52. ¿Qué problemas técnico no ha resuelto el asesor?

- Y52
- 1) Control de plagas y enfermedades
  - 2) Elevar los precios
  - 3) Mejorar la comercialización
  - 4) Prácticas en el cultivo
  - 5) Otros \_\_\_\_\_

53. ¿Usted necesita algún tipo de apoyo para adquirir algo que le haga falta en la producción de agave y que le sea difícil conseguir o comprar?

- Y53
- 1) En la compra del hijuelo
  - 2) En la comercialización
  - 3) Agroquímicos
  - 4) Equipo e instrumentos
  - 5) Otro \_\_\_\_\_

#### Restricciones en el manejo de cultivo por arrendamiento

54. Respecto a la **COMERCIALIZACIÓN** ¿Tiene usted garantizada su producción?

- Y54
- 1) Si  2) No

55. ¿A quién le venderá su producción de agave?

- Y55
- 1) Destiladora \_\_\_\_\_
  - 2) Taberna o pequeña fábrica
  - 3) Otro agavero
  - 4) Otro \_\_\_\_\_

56. ¿Tiene contrato compra-venta de agave para su plantación actual?

- Y56
- 1) Si \_\_\_\_\_ 2) No

57. ¿Qué tipo de contrato?

- Y57
- 1) Aparcería
  - 2) Arrendamiento
  - 3) Explotación agrícola conjunta
  - 4) Otro \_\_\_\_\_

58. ¿Cuál es el porcentaje de ganancias (%) establecido en el contrato?

Destiladora \_\_\_\_\_ X20.1

Agavero \_\_\_\_\_ X20.2

59. ¿Cuál es el TOTAL de renta del predio?

Costo total/ha/ año  
 \$ \_\_\_\_\_ X21

60. ¿Cuántos años le renta su predio?

meses \_\_\_\_\_ X22.1

años \_\_\_\_\_ X22.2

61. ¿La destiladora le permite intercalar la plantación con otros cultivos?

Y61

1) Si. Especificado en contrato \_\_\_\_\_ 2) No

62. ¿Por qué no se le permite intercalar?

Y62

- 1) Competencia
- 2) Mayor incidencia de plagas y enfermedades
- 3) Disminuye la calidad del tequila
- 4) Otro \_\_\_\_\_

63. ¿Por qué se le limita a sembrar otros cultivos?

Y63

- 1) Disminuye la calidad del agave
- 2) Perjudica al agave (competencia)
- 3) Le hace sombra al agave
- 4) Dificulta las prácticas del agave
- 5) Otro \_\_\_\_\_

64. Condiciones de los contratos. Aportaciones del arrendamiento y arrendatario

Tipo de actividad	Tequilera	Productor	Costo (\$) del jornal
Insumos agrícolas	Z3 <sub>t</sub>	Z3 <sub>p</sub>	Z3 <sub>c</sub>
Herramienta	Z4 <sub>t</sub>	Z4 <sub>p</sub>	Z4 <sub>c</sub>
Equipo	Z5 <sub>t</sub>	Z5 <sub>p</sub>	Z5 <sub>c</sub>
Preparación del terreno	Z6 <sub>t</sub>	Z6 <sub>p</sub>	Z6 <sub>c</sub>
Barbeos o podas	Z7 <sub>t</sub>	Z7 <sub>p</sub>	Z7 <sub>c</sub>



