



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE AGROECOLOGÍA Y SUSTENTABILIDAD

**EVALUACIÓN DE LA
SUSTENTABILIDAD EN LA
PRODUCCIÓN DE AGAVE AZUL
EN EL MUNICIPIO DE MEZQUITAL
DEL ORO, ZACATECAS**

EMILIANO PÉREZ ROBLES

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

2023



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: “**Evaluación de la sustentabilidad en la producción de agave azul en el municipio de Mezquital del Oro, Zacatecas**”, realizada por el (la) estudiante: **Emiliano Pérez Robles**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
AGROECOLOGÍA Y SUSTENTABILIDAD

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A)


Julio Sánchez Escudero

ASESOR (A)


Diego Flores Sánchez

ASESOR (A)


Lusmila Herrera Pérez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, junio de 2023

EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE AGAVE AZUL EN EL MUNICIPIO DE MEZQUITAL DEL ORO, ZACATECAS

Emiliano Pérez Robles, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2023

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue la evaluación de la sustentabilidad de agroecosistema de agave azul (*Agave tequilana* Weber var. Azul) en el Mezquital del Oro, Zacatecas. La investigación se basó en datos obtenidos a través de un cuestionario aplicado a 24 productores seleccionados a través de una técnica de muestreo no probabilística. Se utilizó una adecuación del Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) para evaluar 15 indicadores a través de medidas de tendencia central, dispersión, así como estadísticos descriptivos. Los resultados indican que los productores: 1) realizan desmontes y ya no siembran cultivos tradicionales; 2) no aplican materia orgánica. 3) No tienen diversidad agropecuaria ni adopción de prácticas que mejoren el suelo. 4) Los rendimientos no son los óptimos, 5) se tiene alta dificultad de comercialización, 6) no hay actividades que les ayuden a recuperar la inversión; 7) existe dependencia externa a insumos químicos, herramientas manuales y a jornaleros. 8) Hay un alto riesgo de que no haya relevo generacional; 9) el índice de conocimiento del agroecosistema es bajo, 10) no hubo asistencia técnica para comenzar las plantaciones. 11) Existe sólo una organización la cual no ha contribuido para mejorar las decisiones de siembra. El total de la evaluación de la sustentabilidad del agroecosistema fue de 44.96%, indicando una sustentabilidad media; tiene sólo tres indicadores que lo mantienen fortalecido, tres en un estado medio y nueve en un estado bajo que perjudican su condición, por lo tanto, es necesario dar fortaleza prioritaria a 12 de los indicadores para conseguir que el estado de sustentabilidad del sistema se mejore.

Palabras clave: Agave azul; Evaluación; MESMIS; Sustentabilidad; Sistema productivo.

EVALUATION OF THE SUSTAINABILITY OF BLUE AGAVE CROPPING SYSTEM IN MEZQUITAL DEL ORO, ZACATECAS.

Emiliano Pérez Robles, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2023

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the sustainability of the blue agave (*Agave tequilana* Weber var. Azul) cropping system in Mezquital del Oro, Zacatecas. The research was based on data obtained through a survey applied to 24 producers selected through a non-probabilistic sampling technique. An adaptation of the Framework for Assessing the Sustainability of Natural Resource Management (MESMIS) was used to evaluate 15 indicators through measures of central tendency, dispersion and descriptive statistics. The results indicate that the producers: 1) carry out land clearing and no longer plant traditional crops; 2) do not apply organic matter; 3) They do not have agricultural diversity or adoption of practices that improve the soil. 4) The production yields are not optimal; 5) they have high difficulty to commercialize; 6) there are no activities that help them recover their investment; 7) there is external dependence on chemical inputs, hand tools and laborers. 8) There is a high risk that there will be no generational relief, 9) the knowledge of the agroecosystem index is low; 10) there was no technical assistance to start the plantations. 11) There is only one organization which has not contributed to improve cropping decisions. The total evaluation of the agroecosystem's sustainability was 44.96%, indicating medium sustainability; it has only three indicators that keep it strong, three in a medium state and nine in a low that damage its condition, therefore, it is necessary to give priority strength to 12 of the indicators to improve the system's sustainability.

Key Words: Blue agave; Evaluation; MESMIS; Sustainability; Production system.

AGRADECIMIENTOS

Con enorme gratitud, comienzo estos agradecimientos con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, ahora el CONAHCYT), por el otorgamiento del apoyo que me permitió cursar el posgrado.

Al Colegio de Postgraduados campus Montecillo, a pesar de que, debido a la pandemia, mi presencia en el mismo fue efímera, aquellos que lo sustentan y lo componen siempre estuvieron presentes.

Al posgrado de Agroecología y Sustentabilidad, y a aquellos quienes me formaron durante este par de años.

A mi consejo particular, Dr. Julio Sánchez Escudero, Dra. Lusmila Herrera Pérez y Dr. Diego Flores Sánchez, de igual forma, por estar al pendiente del proyecto a pesar de la distancia, por su tiempo y guía, y sobre todo centrar mis ideas.

No tengo palabras para agradecer a aquellos productores de agave azul del municipio zacatecano de Mezquital del Oro, quienes, en primera instancia, me otorgaron su tiempo, su sabiduría, se abrieron para que este proyecto pudiera funcionar (y a uno que otro por sus tragos de mezcal).

A mis padres, porque siempre han sido mi principal pilar de vida, siempre han estado allí atendiendo mis ocurrencias. A mis hermanos, por acompañarme en esta dimensión.

A mi amigo Alonso y a su esposa Suru, por llevarme y traerme al municipio, y aguantar mis largas encuestas; así como a Beto, por guiarme para conocer a los productores. De igual forma a mi querida Bere, por aguantar mis pláticas raras, sobre agave y otras cosas, ser un soporte para seguir cuando este proyecto culminó.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.1.1 Modelo convencional	4
1.1.2 Problemática del monocultivo	6
1.2 Objetivos.....	8
1.2.1 Objetivo general:.....	8
1.2.2 Objetivos específicos:.....	8
1.3 Hipótesis.....	8
1.3.1 Hipótesis general:.....	8
1.3.2 Hipótesis específicas:	8
1.4 Justificación	9
CAPÍTULO 2. MARCO DE REFERENCIA	14
2.1 Importancia del género <i>Agave</i> en México.....	14
2.2 El agave dentro de la agroecología	15
2.3 Usos del agave	15
2.4 El agave azul (<i>A. Tequilana</i>).....	16
2.5 Requerimientos climatológicos y edafológicos del agave azul.....	18
2.6 Plagas y enfermedades	18
2.7 Proceso de producción del agave azul	19
2.8 Producción y Denominación de Origen del Tequila (DOT)	21
2.9 Producción y Denominación de Origen del Mezcal (DOM)	22
2.10 Comportamiento económico y social de la cadena productiva del agave.....	23
2.11 Importancia del agave y mezcal en el Sur de Zacatecas	25
2.12 Actual problemática del agave.....	26

CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO	28
3.1 Sustentabilidad	28
3.1.1 Origen	28
3.1.2 Concepto	29
3.1.3 Principios	30
3.1.4 Limitantes y retos	31
3.2 Desarrollo sustentable	33
3.2.1 Desarrollo	33
3.2.2 Desarrollo sustentable	33
3.2.3 Enfoques del desarrollo sustentable	34
3.3 Agricultura sustentable	36
3.3.1 Principios	38
3.3.2 Limitantes y retos	41
3.4 Ecosistema	42
3.4.1 Antecedentes	42
3.4.2 Agroecosistema	43
3.4.3 Retos	45
3.5 Agroecología	46
3.6 Indicadores de la sustentabilidad.....	53
3.6.1 Utilidad de los indicadores	53
3.7 Evaluación de la sustentabilidad	56
3.7.1 Marcos metodológicos.....	56
3.7.2 Marco de Evaluación de Sistemas Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS).....	57
3.7.3 limitantes	60
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA.....	62
4.1 Área de estudio: Mezquital del Oro, Zacatecas	62
4.1.1 Ubicación biofísica	62
4.1.2 Clima	63
4.1.3 Suelos	63
4.1.4 Características sociales y económicas	63

4.1.5	Uso del suelo y agricultura	64
4.2	Metodología de la investigación	65
4.3	Instrumentos de recolección de datos.....	66
4.3.1	Método Cuantitativo	66
4.3.2	Método Cualitativo	68
4.3	Indicadores seleccionados y su medición en el cultivo del agave azul	69
4.4	Técnicas para el análisis de la información	75
CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		76
5.1	Datos sociodemográficos	76
5.2	Caracterización de la producción de agave azul.....	77
5.2.1	Inicio de las plantaciones	79
5.2.2	Control de Plagas y enfermedades	88
5.2.3	Uso de herbicidas	91
5.2.4	Uso de insecticidas	94
5.2.5	Uso de fungicidas y bactericidas	97
5.2.6	Uso de la fertilización en el cultivo de agave azul	99
5.2.7	Jima del agave azul	100
5.3.	Evaluación de la sustentabilidad de agave azul en el municipio de Mezquital del Oro, Zacatecas.....	103
5.3.1	Presentación e integración de los resultados.....	138
5.3.2	Representación de los indicadores de sustentabilidad	142
5.3.3	Contraste de hipótesis con los resultados.....	144
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		146
6.1	Recomendaciones a corto, mediano y largo plazos:.....	150
CAPÍTULO 7. LITERATURA CITADA.....		152
ANEXOS		166
Anexo 1. Calendario de las actividades agrícolas		166
Anexo 2. Cuestionario		167

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Estructura del cuestionario aplicado a productores de agave azul.	67
Cuadro 2. Hectáreas de cultivo de agave azul.	82
Cuadro 3. Afectación de plagas en el cultivo de agave azul.	89
Cuadro 4. Afectación de enfermedades en el cultivo del agave azul.	90
Cuadro 5. Peso (kg) de la piña indicada por productores de agave azul.	103
Cuadro 6. Precio (\$) de la piña indicada por productores de agave azul.	103
Cuadro 7. Puntos críticos del sistema de producción de agave azul.	104
Cuadro 8. Criterios de diagnóstico e indicadores de sustentabilidad del cultivo de agave azul.	106
Cuadro 9. Rendimientos de la producción de agave azul.	110
Cuadro 10. Porcentaje de aplicación de materia orgánica, indicada por productores de agave azul.	111
Cuadro 11. Dificultad para la comercialización.	116
Cuadro 12. Intensidad de uso de suelo.	120
Cuadro 13. Descanso de tierras.	122
Cuadro 14. Aplicación de agroquímicos en el cultivo de agave azul.	122
Cuadro 15. Participación familiar en las labores agrícolas.	125
Cuadro 16. Nivel de apoyo familiar en las labores agrícolas del agave azul.	126
Cuadro 17. Seguridad de relevo intergeneracional para mantener el cultivo del agave azul.	127
Cuadro 18. Edad de los productores de agave y años cultivándolo.	129
Cuadro 19. Requerimiento de asesoría indicado por los productores Guía en las labores agrícolas del cultivo de agave azul.	134
Cuadro 20. Fuente de asistencia.	135
Cuadro 21. Importancia indicada por los productores de agave azul, sobre la ayuda de la organización.	137
Cuadro 22. Cálculo de los valores ponderados de los indicadores de sustentabilidad en la producción de agave azul.	140

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cosecha y siembra (ton) de agave a nivel nacional.	24
Figura 2. Cosecha y siembra (ton) de agave en Zacatecas.	26
Figura 3. Sustentabilidad.....	29
Figura 4. Ubicación espacial del municipio de Mezquital del Oro en el contexto estatal y municipal.....	62
Figura 5. Escolaridad de los encuestados.....	77
Figura 6. Vías de adquisición de conocimientos sobre la plantación.	80
Figura 7. Formas de tenencia de la tierra con plantaciones del agave azul.	82
Figura 8. Inversión inicial en el cultivo de agave azul.....	83
Figura 9. Lugar de adquisición de los hijuelos de agave azul.	85
Figura 10. Herbicidas utilizados en el cultivo de agave azul.	91
Figura 11. Nivel de aplicación de herbicidas en el cultivo de agave.....	93
Figura 12. Nivel de aplicación de insecticidas en agave azul.....	96
Figura 13. Nivel de aplicación de fungicidas en el cultivo de agave azul.	97
Figura 14. Nivel de aplicación de bactericidas en el cultivo de agave azul.	98
Figura 15. Fertilizantes utilizados en el cultivo de agave azul.	99
Figura 16. Comparación de los indicadores de sustentabilidad evaluados para el cultivo del agave azul.	142
Figura 17. Comparación de los indicadores de acuerdo a las tres dimensiones de la sustentabilidad.....	143

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La producción de alimentos en la actualidad presenta una serie de problemáticas debido a que son insustentables; según Ortega Gómez et al. (2020), el adoptar el modelo convencional ha provocado efectos negativos como degradación de suelo, la pérdida de la biodiversidad, la contaminación del agua, cambio climático, entre otras.

Según Beekman (2015), la agricultura mundial consume el 70% de agua dulce que se extrae anualmente. La lixiviación y escorrentía, así como los distintos procesos que causan gases de efecto invernadero (GEI) provocan daños en la fotosíntesis, la respiración, la descomposición, la nitrificación y desnitrificación, la fermentación entérica y la combustión, y representan un daño de hasta el 30% a causa de la agricultura (Machín y López, 2012). La tala de árboles libera miles de millones de toneladas de bióxido de carbono y otros gases GEI a la atmósfera; asimismo, se pierden entre un 2% a 5% de especies en bosques lluviosos; asimismo, se genera erosión y el suelo pierde la capacidad de mantener el agua, lixiviándose con mayor intensidad (FAO, 2008). Según Pérez-García (2020) el 75% de los ambientes terrestres están degradados, aproximadamente 290 millones de hectáreas de bosques nativos se han perdido entre 1990 y 2015, el 50% fue por la expansión agrícola y el resto para obtener madera.

En México alrededor de 77.4% de la superficie nacional está degradada por acciones agrícolas y pecuarias, el 17.8% por degradación química y 7.7% por física. El 11.9% presenta erosión hídrica y el 9.5% eólica (de Gortari, 2020).

Asimismo, Rosset (1998), menciona que los problemas económicos que enfrentan los agricultores son variados, desde el desplazamiento por el modelo convencional, con por la falta de recursos monetarios, para sostenerse en él, hasta la monopolización de la comercialización por parte de grandes corporaciones transnacionales. Además, los costosos insumos y herramientas que necesitan para su trabajo hacen que sus bajas ganancias no les alcancen para solventarlos, lo que los obliga a dejar el campo o a vender sus predios.

Sarandón (2020), indica que tanto la agricultura como la ganadería son las actividades humanas que más se llevan a cabo alrededor del mundo, y más del 50% de superficie terrena del planeta son agroecosistemas. El agroecosistema, es un sistema abierto capaz de recibir insumos para generar productos agrícolas y pecuarios, y en su entorno forman redes donde se implican factores bióticos y abióticos. Asimismo, toman en cuenta, por su importancia, los componentes ambientales, sociales y económicos, y la interacción de los mismos en el sistema productivo (Casanova et al., 2016; Sarandón y Flores, 2014).

Por su parte, el cultivo de agave ha generado la reconversión de cultivos, principalmente desde parcelas donde se conducían sistemas tradicionales de producción (Herrera-Pérez et al., 2017). García y Macías (2010) y Nava et al. (2014), en municipios de Zacatecas, han registrado una amplia reconversión por cultivos de agave azul, en terrenos de potencial agronómico y económico para el uso de su producción, desplazando cultivos tradicionales.

En el cultivo de agave azul, la intensificación ha hecho que la biodiversidad se pierda y no sea favorecida, y si se tienen suelos desnudos. El establecimiento de monocultivos de agave, sin la implementación de medidas para la conservación y manejo de la fertilidad del suelo, potencialmente promueve su degradación. Esto implica diseñar y establecer curvas de nivel y orientar los surcos en forma inversa a la pendiente, para promover su conservación, sin embargo, son poco adoptadas por productores de agave (Valenzuela, 2007; Moreno-Hernández et al., 2011).

Bajo el contexto anterior, Casas et al. (2017), sostienen que los acuerdos y acciones locales y globales que atienden problemas ambientales se desarrollan a un ritmo lento en comparación con la rapidez en la que ocurren los daños ambientales y ecológicos causados por la acción del hombre.

Al respecto, el concepto de desarrollo sustentable se popularizó en los años 1980s con la publicación la obra *Our Common Future* (Brundtland et al., 1987), en este informe quedó estipulado el comienzo de la preocupación por el deterioro de los recursos naturales del planeta, y se condujo a que el desarrollo tenía que ser lo que

todos hacemos al tratar de mejorar el entorno en el que vivimos. La problemática se hizo objetiva debido a que aspectos sociales como el crecimiento poblacional generaba presión en tierras, aguas, bosques y otros recursos naturales. Se dice que los recursos se consumen a un ritmo que poco dejará para las generaciones futuras.

El mismo informe hace hincapié en que es importante que la explotación de las tierras con fines agrícolas y forestales se realice teniendo en cuenta un análisis científico de la productividad del suelo y el agotamiento anual de las capas superiores de tierra. No se debe superar la tasa de regeneración de los recursos forestales, las reservas de peces o los recursos forestales. Asimismo, se indica que la poca perspectiva ecológica en el trabajo de estas tierras puede generar diversas tensiones ambientales, como la disminución de la diversidad genética de los cultivos, el aumento de la salinidad y alcalinidad en los suelos irrigados, la contaminación de las aguas subterráneas por nitrógeno y la presencia de residuos de pesticidas en los alimentos. De igual manera se puntualiza que la erosión del suelo degrada la totalidad de los recursos básicos de la agricultura.

Zizumbo-Villarreal et al. (2013), mencionan que las plantaciones de agave, por lo general, se ha establecido en zonas con clima, topografía y suelos no adecuados para su crecimiento y desarrollo, mientras que Álvarez-Sánchez et al. (2010), subrayan que el desconocimiento de los factores que regulan el crecimiento del agave, así como la baja investigación del suelo mientras crece, conllevan a una crisis productiva. De igual forma, los productores de agave no cuentan con asesorías e información que haga que sus métodos para el control de plagas y enfermedades sean adecuados, tampoco consideran el aspecto fitosanitario de los hijuelos antes de ser sembrados, así como el actual nivel de demanda de la piña del agave (Ismael, 2002; Uvalle et al., 2007).

Continuando con el informe de Brundtland et al. (1987), se menciona que la pérdida de tierras de labranza incita a los agricultores a utilizar el resto de sus lotes o a trasladarse a los bosques y a los pastizales, y que la agricultura intensiva agotará rápidamente el estrato de tierra, causando su degradación, a menos que se adopten algunas medidas de protección para restaurarlo y para aumentar su fertilidad. Por lo tanto, la labor de la agricultura no se limita únicamente a la extracción del producto

biológico, sino que implica un compromiso constante de mantenimiento y debe extender, en el tiempo, la fertilidad del suelo.

1.1.1 Modelo convencional

De acuerdo con Hazell y Wood (2008), desde el principio de la adopción agrícola, sus actividades no han estado libres de afectar el entorno, convirtiéndolos, en menor o mayor medida, en agroecosistemas dependientes.

En las últimas seis décadas se instaló un modelo conocido como la Revolución Verde por la mayoría de los gobiernos y las instituciones internacionales, con la finalidad de generar altas tasas de productividad agrícola con tecnología para la selección genética de variedades de mayor rendimiento, explotación intensiva, alto índice de riego y uso masivo de fertilizantes químicos, pesticidas, herbicidas y maquinaria pesada (Ceccon, 2008; Prager et al., 2002). Altieri et al. (2000) y Gliessman y Engles (2015), aseguran que este manejo ha venido causando daños en los agroecosistemas y los ciclos biogeoquímicos, así mismo, tras esas prácticas se presenta contaminación de suelo y agua, estrés biológico en las especies sembradas, así como baja variabilidad y pérdida de resistencia de la misma a plagas y enfermedades, hasta recaer en la pérdida de recursos como el agua y suelo. De igual forma, las semillas de alto rendimiento han causado desplazamiento de variedades tradicionales, erosionando la biodiversidad de cultivos (Prager et al., 2002).

Ceccon (2008) y Prager et al. (2002), señalan que la justificación de la Revolución Verde tenía como misión acabar con el hambre. Se implementaron proyectos internacionales y nacionales siguiendo ese modelo, destinado a mejorar la producción de alimentos y tener excedentes económicos; no obstante, en América Latina persiste la escasez de alimentos, la malnutrición y pobreza rural. Por su parte, González (2006), destaca que debido a las condiciones que dejó la segunda guerra mundial, desde el inicio del siglo XX, los mercados se reestructuraron, en México se crea el Modelo de Sustitución de Importaciones que pretendía mantener un crecimiento económico interno, llevado a cabo para conseguir la industrialización de la agricultura, apoyada principalmente por la irrigación. De Gortari (2020), añade que, durante los años 50,

México adoptó la Revolución Verde, lo cual impulsó la llegada de las empresas transnacionales que alcanzaron una alta difusión debido a sus donaciones y los paquetes de agroquímicos que manejaban, esto incidió principalmente en pequeños agricultores que quedaron fuera del modelo. Por su parte Ceccon (2008), señala que la problemática del hambre es muy compleja, y tiene diferentes vertientes asociadas a la actual economía, como son las cadenas productivas, falta de poder adquisitivo, acceso libre a cualquier mercado, etcétera.

Tilman et al. (2002), añaden que en la actualidad vivimos una agricultura establecida en el modelo convencional, esta es reconocida por su alta productividad y su uso extendido en todo el planeta, sin embargo es altamente dependiente de una diversidad de agroquímicos y de maquinarias tecnológicas, y este modelo de agricultura acarrea una serie de riesgos para los ecosistemas y sus servicios que brindan a las sociedades, entre los cuales está la proporción de alimentos, fibra, combustible y materiales para la vivienda y otra serie de beneficios que son difíciles de cuantificar y raramente han sido valorados, que en su conjunto forman los servicios ecosistémicos (Balvanera et al., 2017). Este modelo utiliza una serie de prácticas como lo son: labranza intensiva, monocultivo, irrigación, aplicación de fertilizantes inorgánicos, control químico de plagas y manipulación genética de los cultivos; su utilización puede llegar a causar dependencia entre estas prácticas (Gliessman, 2002).

El aumento de los rendimientos agrícolas ha afectado y está afectando el medio original, la biodiversidad vegetal y animal. Coletto (2004) y Prager et al. (2002), consideran que la reducción de la biodiversidad no es un problema reciente, ya que migraciones europeas de la edad de bronce produjeron un movimiento y cambios en plantas cultivadas y, además, se mejoraron prácticas de manejo introduciendo el arado de madera y el barbecho. Desde entonces, los modelos de desarrollo han pasado por alto la consideración de los aspectos ambientales necesarios para el funcionamiento y sustentabilidad del sistema económico y social.

Las conclusiones de Gerritsen et al. (2011), Bautista y Smit (2012) y Zizumbo-Villarreal et al. (2013), constatan que los cultivos de agave azul se encuentran dentro de este modelo, y aseguran que el agave azul se lleva a cabo con actividades

productivas intensivas que desembocan en el incremento del uso de insumos externos, de tecnología, erosión en los suelos, problemas fitosanitarios, así como detrimento de la biodiversidad y de los sistemas tradicionales de producción.

1.1.2 Problemática del monocultivo

Sarandón (2020), indica que en los ecosistemas naturales prevalece la biodiversidad; sin embargo, en los agroecosistemas industriales, también conocidos como agricultura convencional o intensiva, en el uso de maquinaria y agroquímicos de síntesis petroquímica, privilegia los monocultivos. Céspedes y Vargas (2021), confirman que el monocultivo simplifica la biodiversidad y emplea prácticas que simplifican y facilitan su manejo.

Alrededor del mundo, existen casi un billón de hectáreas bajo monocultivo a gran escala, provocando una variabilidad de problemas como la reducción de diversidad genética, incremento de la erosión y fertilización del suelo, vulnerabilidad al cambio climático y plagas, lo cual orilla a utilizar mayor número de agroquímicos (Altieri y Nicholls, 2018; Gerritsen et al., 2011). Sarandón (2020), destaca que el uso creciente de plaguicidas y fertilizantes es una amenaza para aquella biodiversidad fuera del agroecosistema, afectando flora y fauna externa. En cuanto a la sanidad de las plantas, Céspedes y Vargas (2021) mencionan que el monocultivo provoca gran abundancia de microorganismos fitopatógenos debido al exceso de fertilización y uso de pesticidas que van eliminando los biocontroladores naturales. También aportan que en los monocultivos se ha evidenciado una disminución en la formación y estabilidad de los agregados del suelo, una menor tasa de infiltración y una baja conductividad hidráulica, lo que resulta en una mayor pérdida de agua a través de la escorrentía superficial. Por estas problemáticas del monocultivo, Nicholls et al. (2015), destacan que estas han hecho que ya no sea social, económica y ecológicamente deseable, porque compromete la biodiversidad, utiliza de manera ineficiente los recursos, dependen de energía fósil, y generan una alta huella ecológica.

Herrera Pérez et al. (2017), encontró que el monocultivo de agave azul tiene una menor sustentabilidad que en el policultivo. Zizumbo-Villarreal et al. (2013), remarcan

que se han extendido cambios de uso del suelo en parcelas donde se sembraban granos básicos para convertirlas en monocultivos de agave, causando los problemas asociados al monocultivo mencionados, principalmente erosión de suelo y problemas fitosanitarios.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general:

Caracterizar a través de indicadores el manejo de los sistemas para evaluar el grado de sustentabilidad en el agroecosistema de agave azul en el municipio de Mezquital del Oro, Zacatecas.

1.2.2 Objetivos específicos:

1. Determinar el grado de sustentabilidad de los cultivos de agave azul con base a indicadores económico, ambientales y sociales a través de una adecuación de la herramienta Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS).
2. Identificar las prácticas sustentables en la producción de agave azul a través de métodos cuantitativos y cualitativos.
3. Encontrar a los actores involucrados en la producción de agave azul en el municipio de Mezquital del Oro.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis general:

El sistema de producción de agave azul (*Agave tequilana* Weber var. Azul) en el municipio de Mezquital del Oro, Zacatecas, presenta grados de sustentabilidad bajos debido a la adopción del modelo convencional.

1.3.2 Hipótesis específicas:

1. Los indicadores presentan diferentes niveles de sustentabilidad en el sistema: a nivel social debido a los problemas organizacionales y el apoyo técnico y familiar; los problemas del nivel económico se deben a los bajos apoyos gubernamentales y las problemáticas de venta a causa de la falta de Denominación de Origen del Tequila; el nivel ambiental presenta problemas debido a los insumos externos, el monocultivo y la poca diversidad dentro del sistema.

2. En el agroecosistema imperan en menos cantidad las prácticas que lo hacen insustentable.
3. Los actores involucrados en la producción son: productores y jornaleros, siendo los primeros los encargados del manejo del sistema, la edad de estos varía, así como nivel de conocimientos en la producción de agave azul.

1.4 Justificación

El agave azul es una especie que se cultiva bajo el enfoque de una agricultura convencional que se vincula a un mercado global, cuyo uso principal es su transformación en bebidas alcohólicas, principalmente el tequila y mezcal. Gerritsen et al. (2011), mencionan que es importante el análisis del sistema productivo ya que ha cobrado importancia, es muy dinámico y cambia de acuerdo a su demanda en el mercado.

Gschaedler et al. (2017), mantienen que las plantaciones de agave pueden ingresar a las cuatro dimensiones de análisis la agroecología: económico, ecológico, político y socio cultural; sin embargo, la información actual sobre el cómo podrían integrarse a la agroecología es difusa y poco clara, por lo que consideran necesario profundizar en el estado del arte y generar líneas de investigación multidisciplinarias que aborden la producción de agave desde la perspectiva agroecológica.

Por su parte Gerritsen et al. (2011), encontraron que, el estado de Jalisco, principal productor de agave azul, ha experimentado una serie de cambios evidentes en las últimas décadas, como lo son la intensificación del uso de insumos externos, principalmente agroquímicos, así como la apertura de nuevas tierras para su cultivo y el incremento de tecnología para su producción. La problemática ligada a su cultivo es el uso generalizado de fertilizantes minerales, control de malezas y plagas con agroquímicos. De igual forma, los productores, en muchas regiones, no cuentan con información específica para seleccionar los métodos más adecuados de control de plagas y enfermedades (Uvalle et al., 2007). Asimismo, Álvarez-Sánchez et al. (2010), mencionan que el cultivo de agave azul presenta una crisis productiva debido al

desconocimiento de los factores que regulan su crecimiento y la mínima investigación de las condiciones edáficas en las que se desarrolla.

Zizumbo-Villarreal et al. (2013), sostienen que los cambios del uso del suelo hacia el monocultivo del agave en diversas regiones del país han causado erosión de suelo, problemas fitosanitarios, y se ha establecido en zonas con clima, topografía y suelos no adecuados para su cultivo. Esto ha generado impactos socioeconómicos; entre los que destacan el desplazamiento de los granos básicos para la siembra del agave azul, lo que pone en riesgo la seguridad alimentaria de granos de las familias productoras. Gerritsen et al. (2011), señalan que la expansión del cultivo de agave azul ha sido atribuida a diversos factores:

- Factores medioambientales: es una especie con baja necesidad de lluvia, que hace atractivo su cultivo en zonas desérticas y semidesérticas.
- Factores económicos: los productores de bajos recursos se han visto orillados a rentar sus tierras a aquellos que tienen mayor poder financiero para sembrar este cultivo.
- Disponibilidad de trabajo: un factor que orilla a los agricultores a arrendar sus tierras a empresas tequileras es la falta de trabajo, en especial a agricultores de edad avanzada.
- Riesgos: debido al precio variable de la piña, los contratos se convierten en un tipo de seguro contra este fenómeno, y de igual forma al rentar la parcela, los productores evitan los riesgos ambientales ya que los "transfieren" al contratista.
- Factores institucionales: principalmente en el estado de Jalisco, existen varias opciones gubernamentales para facilitar los arrendamientos de tierras, ayudas para el campo, regularizar precios, soporte técnico, potencial en asociaciones para generar mayor comunicación entre la industria del tequila y los productores independientes del agave.
- Percepciones ambientales: aunque los productores entienden el daño que el sistema productivo causa a sus tierras, principalmente el cambio de uso de suelo, los factores ya mencionados los obligan a rentarlas.

Por otra parte, un estudio realizado en el Valle de Amatlán, Jalisco, con el cultivo del agave azul, demostró que ha disminuido la agrobiodiversidad de cultivos, tendiéndose a incrementarse las plagas y enfermedades, lo cual deriva en un uso intensificado de pesticidas, además de problemas asociados con la disminución de la calidad del suelo (Valenzuela, 2007), lo que demostró una baja sustentabilidad de este cultivo. Moreno-Hernández et al. (2011), en otro estudio, realizado en la Sierra de Amula, Jalisco, encontraron prácticas no sustentables como el manejo de plagas y enfermedades con pesticidas, no existe cubierta vegetal, no utilizan curvas a nivel y no se favorece la biodiversidad.

Herrera Pérez et al. (2017), realizó una investigación en Tequila, Jalisco, y generó un Índice de Prácticas Agroecológicas en Agave Tequilana (IPAT); encontró ocho prácticas agroecológicas, las cuales fueron: intercalado de cultivos (policultivo), incorporación de materia orgánica al suelo por pastoreo de ganado, plantación de agave en curvas a nivel, obras de conservación de suelo y agua, rotación de cultivos, descanso de tierras, escalonado de las edades de las plantas de agave y disminución de la aplicación de herbicidas. Por lo que determinó que los productores que practican el policultivo tienen una mayor sustentabilidad. De igual forma, se encontró riesgo de relevo generacional y en formas de organización. Asimismo, las problemáticas en la cadena productiva del agave-tequila destacan la escasez y sobreoferta cíclica de agave, lo cual desemboca en una serie de inconvenientes que se han remarcado en otros trabajos, tales como el ineficiente diseño de las plantaciones, deficiente manejo fitosanitario, reconversión de cultivos de agave por otros y viceversa, pocos apoyos gubernamentales y desmoralización de productores para continuar con este cultivo (Herrera-Pérez et al., 2017).

Debido a sus virtudes ambientales y culturales, Bautista y Smit (2012), consideran que el manejo campesino en el agave mezcalero es un factor importante para la diversidad biológica. En contraparte, descubrieron que la presión comercial causa actividades productivas intensivas que provocan un detrimento de la biodiversidad y de los sistemas tradicionales de producción. Sin embargo, las técnicas agroecológicas,

para un manejo sustentable del cultivo, administración de recursos y la generación de valor agregado han tenido muy poca incorporación y adopción.

El Consejo Regulador del Tequila (2016), asegura que la cadena productiva agave-tequila busca incorporarse a los principios de la sustentabilidad como estrategia de desarrollo. Este Consejo en conjunto con el Centro Mario Molina y con la aportación de 11 empresas generaron una Estrategia de Sustentabilidad de la Cadena Agave-Tequila. Se empleó para las emisiones al ambiente durante la cadena completa de valor, e indican que en la etapa de producción la mayor contribución a la huella de carbono proviene de los fertilizantes nitrogenados.

Ismael (2002), identificó los principales problemas dentro de la cadena productiva del agave-tequila en el estado de Jalisco, resultando en las siguientes: poca experiencia de los nuevos agricultores-productores en el manejo del cultivo, no se toma la consideración el aspecto fitosanitario de los hijuelos antes de ser sembrados, se incorporan nuevas técnicas al manejo del suelo sin tomar en cuenta la rusticidad del agave, falta de técnicos especialistas en el cultivo de agave y no se toma en cuenta en durante la planeación los factores importantes antes de sembrar, como lo son el suelo, clima, así como el nivel de demanda de la piña del agave.

Por otra parte, Violante-González et al. (2015), destacan que el estado de Zacatecas tiene dos regiones de producción de agave definidas: 1) la zona del sureste, donde se cosecha el Agave salmiana Gentry (maguey verde o manso) y 2) los Cañones, al sur del estado, donde se produce el agave azul. En esta región, García y Macías (2010) y Nava et al. (2014), describen que la demanda de agave ha causado la reconversión de terrenos de potencial agronómico y económico para el uso de su producción, desplazando cultivos tradicionales, tal es el caso de los municipios del sur de Zacatecas que intensificaron estas producciones en el periodo de 2006 a 2010. Una problemática común en esta región es que, debido a la poca tecnología e infraestructura de conversión a mezcal, y la alta demanda en el tequila, un porcentaje de la producción de la región de estudio se vende al estado de Jalisco.

García y Macías (2010) y López-Nava et al. (2014), destacan que la conversión de cultivos tradicionales en el sur de Zacatecas a plantaciones de agave ha tenido un bajo impacto en el desarrollo comunitario; además de aspectos críticos de las limitantes del desarrollo se reflejan en los márgenes de utilidad baja de los productos; la piña de agave se deteriora rápidamente una vez que llegan a la madurez, sus precios son sensibles a las fluctuaciones, la escasez de producción causa pérdidas significativas de ingresos por ventas que no se han realizado, por la infraestructura utilizada, y la mala administración de los procesos productivos. En cuanto a las plantaciones de agave, estas han sido desaprovechadas debido a la baja demanda de la piña, lo cual genera una falta de incentivos para la resiembra, por otro lado, la infraestructura de las fábricas no es utilizadas de la manera más efectiva, si no que suelen llegar al 15% de su capacidad. Martínez et al. (2007), con respecto a la falta de motivación para volver a plantar agave, encontraron que se puede presentar debido principalmente a la expectativa inicial de generación económica y las fluctuaciones de mercado.

Carrillo (2007), agrega que es importante también tener en cuenta que la certificación de mezcal posee un alto costo, lo cual orilla a los pequeños productores a utilizar la destilación clandestina y son susceptibles a ser explotados por la corrupción y convertidos en sólo productores de materia prima cuyo ingreso no se basaría en la comercialización del producto final, siendo acaparado por las grandes empresas.

El municipio de Mezquital del Oro es de los principales municipios productores en esta región con 68 toneladas sembradas, 18 cosechadas y una producción total de 1,692 toneladas en 2020 (SIAP, 2022). No obstante, tras realizar una extensa revisión de fuentes documentales de artículos científicos, en revistas nacionales e internacionales, así como en tesis, se determinó que no existe información específica sobre la producción del agave azul y la evaluación de la sustentabilidad, por lo que se considera pertinente abordar para identificar limitantes y proponer alternativas de manejo para mejorar la sustentabilidad de la producción de dicho cultivo dentro del municipio.

CAPÍTULO 2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Importancia del género *Agave* en México

Chavez-Parga et al. (2016), destaca que el género *Agave* ha tenido una gran importancia en el país para numerosos pueblos indígenas, y ha sido aprovechado durante siglos como fuente de alimentos, bebida, medicina, combustible, cobijo, ornato, fibras duras, textiles, abono, construcción, implementos agrícolas.

Sin embargo, su principal utilidad ha sido desde hace años la producción de bebidas alcohólicas, para este fin se estima que se utilizan 39 especies en México, siendo para el mezcal el más relevante el agave espadín (*Agave angustifolia* Haw) con una producción del 86% en 2019 (CRM, 2020). Zapata (2010), indica que algunos agaves, conocidos comúnmente como magueyes, son aprovechados como materia prima para fermentación y extracción de aguamiel y pulque, estos deben provenir de plantas de grandes dimensiones y succulencia. También señala que hay otras bebidas extraídas de agaves, como la lechuguilla, una bebida ligeramente fermentada que se elabora a partir de tallos de agaves mezcaleros sumergidos en agua endulzada. Por ello es un recurso importante en comunidades principalmente de zonas áridas y semiáridas con 84 millones de hectáreas, que corresponde al 45.3% del territorio nacional (García y Macías, 2010; Zapata, 2010).

El agave azul sigue teniendo varias utilidades como lo son: elaboración de tejas, vigas, hilaturas para tejidos, clavos, punzones, agujas, licor, vinagre, miel y azúcar. En regiones como la indígena Wixárika de Jalisco, se elaboran escobetas para limpieza, y en regiones de Durango y Nayarit se comercializan utensilios como mecapales, cinchos, sogas y sombreros de la fibra (Nieves-Hernández et al., 2007; Vázquez-García, 2004).

La importancia principal de este agave azul radica como producto para la obtención mediante destilación de bebidas alcohólicas como el tequila o el mezcal (Chavez-Parga, Pérez-Hernández y González-Hernández, 2016). El agave azul es el séptimo en número de producción del mezcal, generando un 0.9% de la producción en 2019, y es

la variedad de agaves más importante de México (Consejo Regulador de Mezcal, 2020; Martínez-Gándara, 2008; Moreno-Hernández et al., 2011; Vázquez-Pérez et al., 2020).

2.2 El agave dentro de la agroecología

El agave es un recurso natural que toma relevancia dentro de la agroecología debido a su aprovechamiento ya sea cultivado, en el caso del agave azul, por ejemplo, o agaves silvestres como los cosechados en Oaxaca y otras regiones del país; además es una práctica que data desde antes de la llegada de los europeos al continente americano. Fue, incluso, una planta útil para conseguir alimentos durante las épocas de sequía, y ayudó a los pueblos a contribuir a su desarrollo y sobrevivencia. Debido a lo anterior y a que tiene múltiples usos aplicados hoy en día, hace constatar su presencia en el modelo agroecológico y los tres aspectos que la conforman: social, económica y ambiental (Gschaedler et al., 2017).

Dentro de la dimensión ambiental, Pérez (2007), menciona que el proceso productivo del agave debería ayudar a proporcionar una gama de especies asociadas a él, como microorganismos, aves, murciélagos e insectos, estos últimos realizan su ciclo de vida; también se registran, por ejemplo, artrópodos en agaves mezcaleros del norte mexicano.

Bautista y Smit (2012), hacen mención de las virtudes culturales del agave, en particular el mezcalero (*A. angustifolia*) en los valles centrales de Oaxaca, considerando que el manejo campesino es un factor fundamental en la cadena productiva, y el cultivo promueve la diversidad biológica.

En lo económico SENASICA (2017), mencionan que en nuestro país el agave tiene gran importancia en la producción agrícola, tanto por su cultivo como por la industria que en conjunto representan un porcentaje importante en el producto interno bruto del país y es una fuente de ingresos para aquellos asociados a la cadena productiva.

2.3 Usos del agave

Violante-González et al. (2015), describen que las actividades humanas relacionadas con el uso del agave datan del 1500 A.C. por tribus cazadoras y

recolectoras, las cuales desarrollaron una cultura de cultivo para utilizarlo en diversos aprovechamientos como alimento, fibras, sogas, mantas, alpargatas, prendas de vestir, papel, bebida, abrigo y productos misceláneos naturales, así como barreras vivas cuando crecían alrededor de las casas. La pulpa servía para elaborar papel, el quiote como leña o para construcción, de igual forma las hojas se utilizaban con estos fines, las espinas eran usadas como agujas, clavos o puntas de flechas; la savia fue utilizada desde entonces como medicina para enfermedades de la piel o quemaduras.

Castro-Díaz y Guerrero-Beltrán (2013), y Gschaedler et al. (2017), mencionan que aún existen una inmensa diversidad de productos que se pueden extraer de los diferentes agaves, y su calidad se define por su biología, geografía e historia. En cuanto a bebidas, además del mezcal y tequila, existen el aguamiel, bacanora, pulque, jarabe, miel, atoles y vinagre; como tejido y vestuario de las pencas se extraen hilos y tejidos, costales, bolsas, mantas, morrales, sandalias, hamacas, petates, sombreros y ayates gruesos; en construcción los quiotes secos pueden ser útiles para vigas y el bagazo de la piña o el ixtle para la elaboración de adobe; para la medicina se utiliza la inulina y agavinas.

Violante-González et al. (2015), indican que sirve como fuente alimenticia, pues que en algunos agaves se encuentran gusanos comestibles, de igual forma se extraen azúcares, saborizantes, condimentos, levaduras, harina para tortillas, etc. Como ornato se puede utilizar de varias formas. Para uso doméstico tiene utilidad como jabón, cepillos para lavar, escobas, canastas, recipientes, estopas, escobetas, combustibles, asientos. En terrenos de cultivo se utilizan para delimitar parcelas, formar y proteger terrazas, y como protección contra la erosión.

2.4 El agave azul (*A. Tequilana*)

Los agaves pertenecen a la familia *Asparagaceae* y forman la subfamilia *Agavoidae*, y el *Agave* es el género más grande y diverso con 210 especies y México tiene 159 que corresponden a 75% del total, con 119 endémicas; asimismo, se distribuye desde el sur de los Estados Unidos hasta Ecuador (Gschaedler et al., 2017).

Violante-González et al. (2015), señalan que el agave azul es una planta hermafrodita y monocotiledónea, suculenta perenne de tronco corto cuyas hojas de forma lanceolada se disponen en rosetas; la base de las hojas es el tallo, conocido como corazón o piña, parte fundamental para la elaboración de las bebidas alcohólicas. De manera particular, el agave azul es una planta xerófila de hojas delgadas color azul-verdoso que miden aproximadamente 1.25 m de largo y 10 cm de ancho, y terminan en una espina color rojo oscuro de 2 cm (Granadas, 1993).

Su piña es gruesa, corta, alcanza una altura de 50 a 80 cm al madurar, tiene un alto contenido de fructanos y almacenan inulina, tienen rosetas con hijuelos con un radio extenso de 1.2 a 1.8 m de alto, su florescencia, de color blanco amarillento con forma de panícula piramidal, se da en el extremo del quiote de 68 a 72 mm de largo, el cual es un tallo grueso y recto que brota del centro del maguey (Gentry, 2004).

Del Real (2019), refiere que en la naturaleza existen tres rutas para la fotosíntesis, C3, C4 y CAM, con tres átomos de carbono en el primer caso (ácido 3-fosfoglicérico); cuatro átomos de carbono en el segundo grupo (ácido oxalacético) y, mientras estos dos primeros grupos realizan fotosíntesis durante el día y hacen captura de CO₂ y la captación de energía solar para completar la fijación del carbono en azúcares, las CAM, pertenecientes a diferentes planas como lo son los agaves, realizan captura de CO₂ durante la noche y lo fijan en ácido málico que almacenan en vacuolas para su procesamiento en azúcares durante el día. Realizan la fotosíntesis a través de CAM, reducen de manera significativa la cantidad de agua hasta siete veces al de los sistemas C4 y de nueve a veinte veces mayor que las plantas que tiene C3 y, además, las CAM tienen la capacidad de funcionar de manera similar a las C3 cuando las condiciones ambientales lo permiten y exista disponibilidad de agua.

El autor antes referido, también indican que el costo energético de realizar la fotosíntesis en dos etapas es mayor para las plantas CAM, por ello los agaves tienen un desarrollo natural lento y acumulan reservas para terminar su ciclo biológico, y sus hojas incluso contienen parénquimas capaces de almacenar agua para su utilización durante la época de sequía.

2.5 Requerimientos climatológicos y edafológicos del agave azul

Castro-Díaz y Guerrero-Beltrán (2013), dicen que, debido a su estructura y la interacción que tiene con el medio ambiente, el agave azul se adapta a condiciones adversas tales como laderas, cerros pedregosos o montañas de gran altitud, llanos y lugares planos, siendo favorecida por los climas áridos y semiáridos, debido a que tienen mecanismos que les permite adaptarse al frío o sequía, con una eficiencia en la utilización del agua para las funciones vitales.

Requiere una exposición plena del sol, por ello no es factible su siembra en lugares con cambios bruscos de temperatura, en este sentido su media es aproximada a 20°C, y requieren preferentemente regiones que tengan temperatura nocturna entre 11° y 21° C. El exceso de agua en las plantaciones de agave provoca la reducción de contenido de azúcares (del Real, 2019; Zapata, 2003). Cota (2011) expresa que el exceso de humedad en el ambiente, causa el desarrollo de enfermedades fungosas.

De acuerdo con Ruiz-Corral et al. (2020), las producciones deben hacerse a una altura recomendada de 1,500 msnm, e incluso entre 1,600 y 2,200 msnm. Los suelos ideales para el agave son aquellos de textura media como los francos, francos arenosos o arcillosos; cuando la precipitación es baja, es mejor plantarlos en suelos con retención de humedad como arcillosos o limo-arcillosos, entre los cuales se agrupan los luvisoles, vertisoles y litosoles (Granadas, 1993; Ruiz-Corral et al., 2020; Zapata, 2003).

Los agaves prosperan en un rango de pH de 6.0 a 8.0, por ello no son recomendables suelos con problemas de acidez o alcalinidad, sin embargo, presenta una ligera a intermedia tolerancia a sales (Ruiz-Corral et al., 2020).

2.6 Plagas y enfermedades

Uvalle et al. (2007), señalan que en las regiones que tienen la Denominación de Origen del Tequila (DOT), algunas plagas de insectos atacan al agave azul y esto puede ocasionar daños tanto directos como indirectos, al propiciar la aparición de

enfermedades y, en numerosas situaciones, provocar ataques de plagas que resultan en considerables pérdidas económicas.

Los principales insectos asociados al cultivo que pueden afectar la planta de agave son: gallina ciega (*Phyllophaga crinita* (Burmeister)), escarabajo rinoceronte (*Strategus oloeus* L.) y picudo de la piña (*Scyphophorus acupunctatus* Gyll). En la parte aérea se pueden encontrar cerambicidos, escamas, piojos harinosos, chapulines, trozadores y barrenadores entre otros (Uvalle et al., 2007).

Las enfermedades que se reportan son la bacteria Erwiniana sp., la cual es responsable de la enfermedad conocida como marchitez bacteriana, mientras que el hongo *Fusarium oxysporum* (Schlect.) ocasiona la pudrición del tallo y raíz. La marchitez bacteriana se caracteriza por una descomposición suave, principalmente en la parte central de la planta. Los síntomas iniciales se presentan en la base del brote apical o en las espinas apicales y laterales de las hojas intermedias. Con el tiempo, la lesión progresa hacia el centro de las hojas y el brote, provocando una descomposición descendente. Mientras que la pudrición del tallo y raíz se presenta como un rizado o está plegado en pequeñas arrugas debido a una deshidratación de los tejidos por reducción o muerte del sistema radical (INIFAP, 2012).

2.7 Proceso de producción del agave azul

Gerritsen et al. (2011), entienden como sistema de producción a las actividades agropecuarias y forestales que implementan los agricultores; estos sistemas se basan en la movilización de recursos y son el resultado del quehacer en un espacio particular conocido como la localidad. Existen diversas formas de movilizar los recursos, principalmente a través de mercados, la comunidad, instituciones, la familia, etc. Por eso se pueden entender estos sistemas como actividades productivas, económicas y sociales, dinámicas y variables, lo cual se debe a los cambios ecológicos, socioeconómicos e institucionales. En el caso de la producción de agave azul, su proceso productivo, según Cota (2011) e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (2012), para las producciones establecidas en el estado de Jalisco, consisten en lo siguiente:

- Preparación de terreno: es común el trabajo de barbecho a una profundidad de 20-25 cm; asimismo, esta preparación se realiza en el lapso de los meses de febrero y marzo. El proceso puede ser arando y rastrando para voltear la tierra y pulverizando terrones grandes, dar volumen al sustrato, incorporar material vegetativo y dejar uniforme el suelo.

- Selección de hijuelos: es recomendable adquirirlos sanos, sin problemas de enfermedades o plagas; estos provienen de plantas jóvenes, de 3 a 5 años, con un peso de 1.5 a 3.0 kg, y es preferible que la plantación sea uniforme. Antes de ser plantados, es preferible tratarlos con productos químicos, agua caliente o cal.

- Trazo y densidad de plantación: el agave se planta en hileras o dependiendo de la topografía del terreno, por ejemplo, empleando trazo de curvas a nivel; de preferencia se realiza en besana o surcos paralelos, cortando la pendiente natural del terreno. La plantación se realiza de forma manual con azadón y posteriormente se entierra tres cuartas partes de la piña para, posteriormente, apisonar la tierra. Al plantarse es recomendable hacerlo entre surcos de 2.90 m a 3 m a una distancia entre plantas de 1.15 m a 1.50 m, o siembras angostas de 2.0 m de hileras y 0.80 m entre plantas, lo cual genera una densidad, respectivamente, de 2,222 y 6, 250 plantas por hectárea.

- Fertilización: en la actualidad, se está recopilando información para determinar la cantidad y el momento adecuado de aplicación de fertilizantes, teniendo en cuenta las propiedades físico-químicas del suelo, la edad de la planta y el patrón de precipitaciones. Entre los fertilizantes más utilizados se encuentran el 17-17-17, la urea (46-00-00), el monofosfato de amonio (11-52-00) y el nitrato de potasio (12-2-44). Algunos laboratorios recomiendan el aporte en kilos de 266, 101, 575, 731 y 84, respectivamente, de nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y magnesio en una plantación con densidad de 3,000 plantas por hectárea.

- Poda o barbeo: su realización permite eliminar partes dañadas por enfermedades o insectos, entre otros beneficios, todo dependiendo de las necesidades de la planta y de sus edades, se realiza con cuchillo o machete.

- Desquiote o capazón: consiste en cortar el escapo floral o quiote cuando alcanza una altura de 50 cm. La planta entra en un período de reposo durante varios meses antes de la cosecha. Si no se realiza el corte del escapo, la planta utiliza sus reservas para desarrollar el quiote y, una vez que florece, la planta muere.
- Cosecha o jima: se realiza preferentemente, y dependiendo los cuidados que haya recibido el agave, además del tipo de suelo, clima y del hijuelo, a los seis años, cuando comienza la aparición del quiote. Se recomienda jimar cuando el cogollo comienza a desenvolver las hojas de menor tamaño. Sin embargo, la maduración puede darse hasta los siete u ocho años, incluso llegar hasta los doce, lo cual provoca que la cosecha no madure de forma homogénea.

2.8 Producción y Denominación de Origen del Tequila (DOT)

Las Denominaciones de Origen (DO) se entiende por el nombre de una región geográfica del país para designar un producto originario de la misma, y cuya calidad o característica se deben al medio geográfico, comprendiendo las factores naturales y humanos, la cual está protegida con una Norma Oficial Mexicana (NOM) (Cota, 2011).

Para la conversión en tequila del agave azul, según Macías y Valenzuela (2009) mencionan que se puede cultivar dentro del territorio que esté protegido por la Declaración General de Protección a la Denominación de Origen del "Tequila" (DOT), el cual comprende 181 municipios, dentro de cinco estados: Jalisco con 125, Michoacán con 30, Tamaulipas con 11, Nayarit con 8 y Guanajuato con 7; y sólo dentro de estos territorios de pueden instalar plantas productoras de tequila. El proceso productivo de esta bebida se rige bajo la NOM-006-SCFI-2012 (Castro-Díaz y Guerrero-Beltrán, 2013).

Esta NOM define a la bebida y su producción de la siguiente manera: “bebida alcohólica regional obtenida por destilación de mostos, preparados directa y originalmente del material extraído, en las instalaciones de la fábrica de un productor autorizado la cual debe estar ubicada en el territorio comprendido en la Declaración, derivados de las cabezas de agave de la especie *tequilana*

Weber variedad azul, previa o posteriormente hidrolizadas o cocidas, y sometidos a fermentación alcohólica con levaduras, cultivadas o no, siendo susceptibles los mostos de ser enriquecidos y mezclados conjuntamente en la formulación con otros azúcares hasta en una proporción no mayor de 49% de azúcares reductores total es expresados en unidades de masa, en los términos establecidos en la presente norma y en la inteligencia que no están permitidas las mezclas en frío.”

Por su parte, el Diario Oficial de la Federación (2012) señala que “el Tequila es un líquido que puede tener color, cuando sea madurado, abocado, o añadido de un color específico. Puede ser añadido de edulcorantes, colorantes, aromatizantes y/o saborizantes permitidos por la Secretaría de Salud, con objeto de proporcionar o intensificar su color, aroma y/o sabor.” Asimismo, en función de las características que la bebida adquiere en procesos posteriores a la destilación y rectificación, el tequila se puede clasificar blanco, joven, reposado, añejo y extra añejo (Macías y Valenzuela, 2009).

Esta NOM es aplicada desde los procesos productivos de agave, hasta la producción de tequila, el envasado, la comercialización y prácticas comerciales. Para que la ley fuera operable se creó en 1994 el Consejo Regulador del Tequila (CRT), ahora el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM), cuyo objetivo es verificar y certificar el cumplimiento de las normas aplicables al tequila, productos que lo contengan y sus materias primas (Herrera-Pérez, 2017).

2.9 Producción y Denominación de Origen del Mezcal (DOM)

El mezcal es una bebida alcohólica tradicional mexicana, producto de la fermentación de los azúcares extraídos de la piña cocida (Castro-Díaz y Guerrero-Beltrán, 2013). La obtención del mezcal es una actividad agroindustrial de suma importancia por lo menos en 20 estados del país, aprovechando poblaciones silvestres, protegidas y cultivadas; se estima que se emplean 28 especies para esta labor a nivel nacional e incluso esta cifra puede llegar hasta 50 utilizadas en 28 estados (Gschaedler et al., 2017).

La DOM comprende actualmente a los estados de Oaxaca, Guerrero, San Luis Potosí, Zacatecas y Durango, además de dos municipios de Guanajuato, 11 de Tamaulipas, 29 de Michoacán, 116 de Puebla, y recientemente cuatro de Sinaloa; asimismo, se instauró en el Diario Oficial de la Federación el 5 de septiembre de 1994, marcando que el producto "mezcal" se elaboraba bajo la Norma Mexicana NMX-V-8-1993-SCFI (Carrillo, 2007).

La elaboración del mezcal es similar al del tequila, sólo que suele haber mayor número de producción de agave artesanal, cuya principal diferencia es que este no es tecnificado y se pueden utilizar varias especies para su elaboración, de entre las que están autorizadas se incluyen los magueyes espadín (*Agave angustifolia Haw*), cenizo (*Agave durangensis Gentry*), verde (*A. salmiana*), y, según esta norma, se pueden usar "otros agaves con estas características que no sean utilizadas como materia prima de bebidas de denominación de origen dentro del mismo Estado", por lo cual se utiliza el agave azul como materia prima del mezcal en el estado de Zacatecas (COMERCAM, 2022; García y Macías, 2010). Castro-Díaz y Guerrero-Beltrán (2013), señalan que su elaboración se resume en: recolección de materia prima, cocimiento de la piña, molienda de la misma, ya cocida, doble fermentación, destilación en alambiques de cobre y maduración en algunos casos. Sin embargo, existen, bajo la NOM-070-SCFI-2016 bebidas alcohólicas-mezcal-especificaciones, tres categorías de este: artesanal, ancestral y el mezcal (sin adjetivos), el cual sí tiene procesos tecnificados (López, 2018).

2.10 Comportamiento económico y social de la cadena productiva del agave

Hay varias actividades económicas que están ligadas a la industria del tequila y mezcal, esto se refleja en una matriz de insumo-producto que permite conocer el impacto de la industria, siendo la primordial actividad demandada el cultivo de agaves (INEGI, 2019). En la cadena del sistema-producto del maguey-mezcal se han integrado micro, pequeñas y medianas empresas donde están integrados productores agrícolas, sociedades de producción rural, fábricas de mezcal, etc., y esto ha generado resultados importantes a la conformación de una industria con beneficios individuales y colectivos

(López-Nava et al., 2014). En la figura 1 se muestra la cosecha y la producción de agaves a nivel nacional.

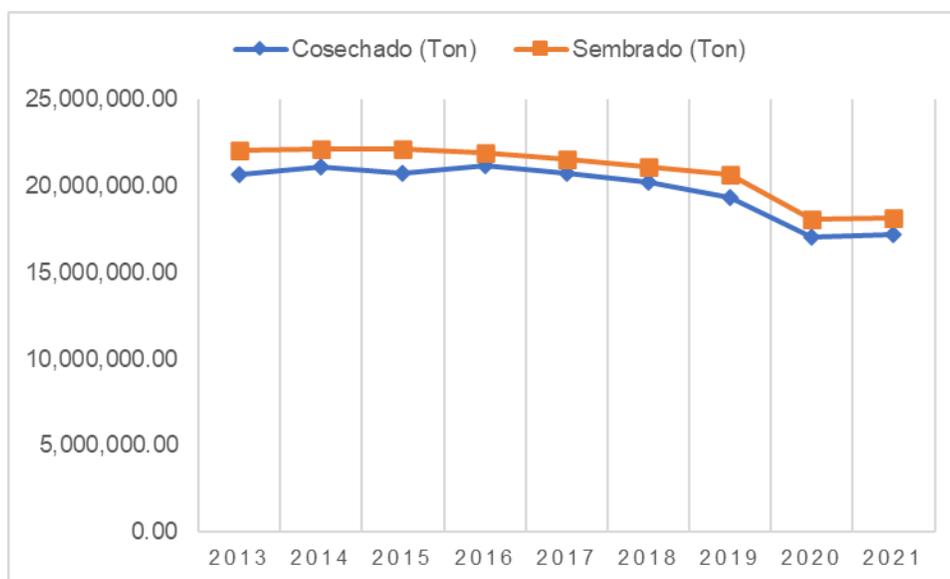


Figura 1. Cosecha y siembra (ton) de agave a nivel nacional.

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del SIAP (2022).

Con los datos de la Figura 1, encontramos que desde el año 2013 al 2021 la producción de agaves a nivel nacional se ha mantenido, con ligeras caídas en 2020 y 2021. El promedio de cosecha en estos años es de 19,820,961.95 toneladas y el de plantación fue de 20,874,385.82 toneladas.

La industria del mezcal y tequila, debido de su demanda de insumos para la producción, genera una derrama económica directa en 143 actividades, 2 del sector primario, 48 del secundario y 93 de comercios y servicios; de estos, el 88% corresponde a insumos nacionales y 12% son importados. El consumo de estas bebidas está destinado al 49% a consumo y 51% a exportaciones (INEGI, 2019).

El mezcal es uno de los productos más representativos de México a nivel internacional, y su cadena productiva, maguey-mezcal, es importante dentro del sector agroindustrial ya que ha llegado a generar el 85.5% de la producción mundial de agave, generando 23,000 empleos directos y 105,000 indirectos (Cerroblanco-Vázquez et al., 2021). La producción nacional de mezcal 2021 referido a 45% Alc. Vol. equivale a

8'099,591.00 litros, siendo la categoría de mezcal artesanal la principal producida con el 88.92% (COMERCAM, 2022).

La producción de mezcal ha tenido un crecimiento de 40% del 2011 al 2019, aumentando de un promedio de 980,375 litros (45% Alc. Vol.) a 7,145,039 litros. La exportación de 2011 a 2019 aumentó en un 37%, de un promedio de 647,989 L a 4,700,987 L, el destino del producto son 68 países, siendo los principales Estados Unidos con 71% en 2019, España con 5.8%, Inglaterra con 4.1% y Francia con 3.7% (Consejo Regulador de Mezcal, 2020).

Por otro lado, la cadena productiva de agave-tequila ha sido un sector productivo muy importante para México, y principalmente para Jalisco, en los últimos 20 años (Herrera-Pérez et al., 2018). Su cadena productiva ha conseguido la consolidación en zonas rurales en donde la DOM asegura empleo de campesinos y jimadores, causando arraigo a estas regiones, y existe una fuerte vinculación entre productores de agave y empresarios, que es impulsado por el Consejo Regulador del Tequila para que haya mejora y calidad mientras se cumple la normatividad (Murillo, 2021).

2.11 Importancia del agave y mezcal en el Sur de Zacatecas

El estado de Zacatecas, en el 2021 (producción por año, referido a 45% alc. Vol.), fue el segundo estado con mayor producción de mezcal del país (5.70%), el principal productor de México, es el estado de Oaxaca (85.40%) (COMERCAM, 2022).

En el periodo de 2006 al 2010 se ha generado un crecimiento en la cadena productiva del agave azul en el estado, influido por la necesidad de generar una reconversión en los terrenos productivos del estado tras el aumento en la demanda del mezcal y el tequila; a esto se han sumado los municipios de la región sur de Zacatecas, como lo son Trinidad García de la Cadena, Juchipila, Jalpa, Nochistlán y Mezquital del Oro, sin embargo, este crecimiento ha tenido un impacto económico y social bajo (García y Macías, 2010). La Figura 2 muestra la producción de agave en el estado de Zacatecas del 2013 al 2021, señalando un declive en el 2019 en ambos aspectos para una posterior recuperación en el año 2021. El promedio de siembra en estos años fue de 1,209,540.35 toneladas y de cosecha fue de 1,157,966.71 toneladas.

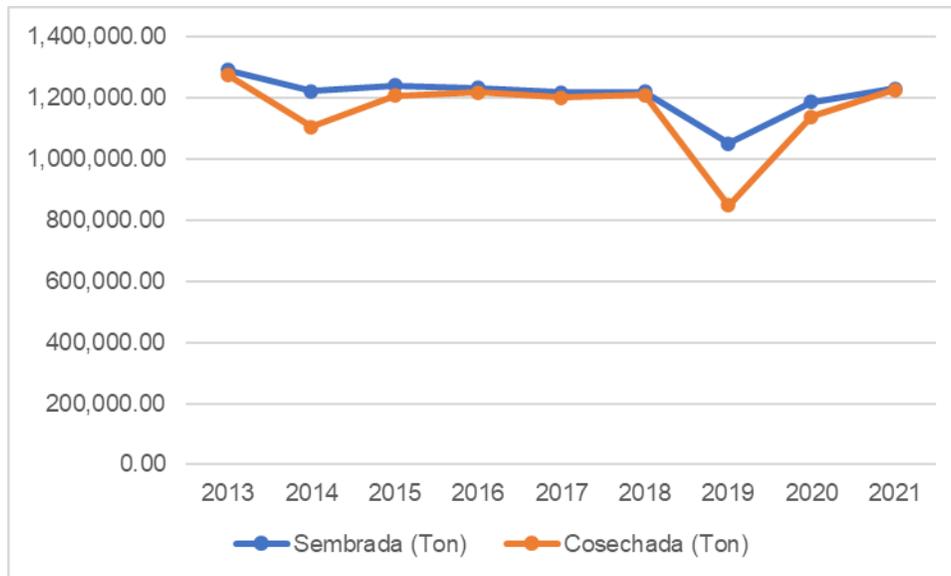


Figura 2. Cosecha y siembra (ton) de agave en Zacatecas.

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del SIAP (2022).

La industria mezcalera del estado está compuesta por alrededor de mil productores y 22 fábricas de mezcal entre micro y medianas empresas, y en su conjunto fabrican más de 60 tipos de esta bebida (López-Nava et al., 2014).

2.12 Actual problemática del agave

El agave azul es un cultivo que, por su antigüedad, la diversificación de su uso y los medios económicos y sociales que giran alrededor de él puede ingresar en alguna de las dimensiones que conforman la sustentabilidad (económico, ambiental y social); asimismo, tiene diversos problemas dentro de estas mismas, los cuales se señalan a continuación:

Ambiental: existe intensificación del uso de insumos externos en los sistemas de agave, principalmente agroquímicos; también hay apertura de nuevas tierras para su cultivo, además de incremento de tecnología para su producción que incluye un uso generalizado de fertilizantes minerales, control de malezas y plagas con agroquímicos (Gerritsen et al., 2011). Álvarez-Sánchez et al. (2010), mencionan que el cultivo de agave azul presenta una crisis productiva debido al desconocimiento de los factores que regulan su crecimiento y la mínima investigación de las condiciones edáficas. Los

cambios del uso del suelo hacia el monocultivo del agave han causado erosión de suelo, problemas fitosanitarios, y se ha establecido en zonas con clima, topografía y suelos no óptimos para su cultivo (Zizumbo-Villarreal et al., 2013). Ha habido disminución de la diversidad de cultivos dentro del agave, tendiéndose a incrementarse las plagas y enfermedades (Valenzuela, 2007). Además, tienen baja cubierta vegetal, no utilizan curvas a nivel y no se favorece la biodiversidad (Moreno-Hernández et al., 2011).

Social: desplazamiento de los granos básicos para la siembra del agave azul, lo que pone en riesgo la seguridad alimentaria de granos de las familias productoras (Gerritsen et al., 2011). Se ha registrado riesgo de relevo generacional y en formas de organización (Herrera Pérez et al., 2017). Puede haber desmoralización de productores para continuar con este cultivo (Herrera-Pérez et al., 2017). La presión comercial causa actividades productivas intensivas que provocan un detrimento de los sistemas tradicionales de producción (Bautista y Smit, 2012). Se ha registrado poca experiencia de los nuevos agricultores-productores en el manejo del cultivo, y de técnicos especialistas que los auxilien (Ismael 2002). También ha habido bajo impacto en el desarrollo comunitario (García y Macías, 2010).

Económica: escasez y sobreoferta cíclica de agave, además de pocos apoyos gubernamentales (Herrera-Pérez et al., 2017). Los aspectos críticos de las limitantes del desarrollo se reflejan en los márgenes de utilidad baja de los productos, la escasez de producción causa significantes pérdidas de ingresos por ventas que no se han realizado y por la pobre infraestructura utilizada para la destilación, y la mala administración de los procesos productivos puede provocar que la etapa productiva sea ineficiente, con baja productividad o que llega a limitar el resto de la cadena (García y Macías, 2010; López-Nava et al., 2014). La certificación de mezcal posee un alto costo, lo cual orilla a los pequeños productores a utilizar la destilación clandestina y son susceptibles a ser explotados (Carrillo, 2007).

CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO

3.1 Sustentabilidad

3.1.1 Origen

La sustentabilidad nace como concepto multidimensional a mediados del siglo XX para alertar sobre los daños en los bienes naturales que se estaban explotando y también para generar un crecimiento económico capaz de refrenar la pobreza de países sub desarrollados, sin embargo, hasta 1987 fue incluido en el Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Informe Brundtland), donde se describió como el que “satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones venideras de satisfacer sus propias necesidades”, y desde entonces el concepto se ha consolidado internacionalmente (Brundtland, 1987; Nebel y Wright, 1999; Prieto et al., 2013).

En la Figura 3, Gudmundsson et al. (2016), muestran de una manera visual la sustentabilidad completa asociada al modelo de sustentabilidad propuesto por Brundtland, integrado por las tres dimensiones: medioambiente, sociedad y economía, los cuales, según el modelo, se pueden considerar de forma aislada, a lo que los autores resaltan que se podría tomar como una formulación "débil" del concepto.

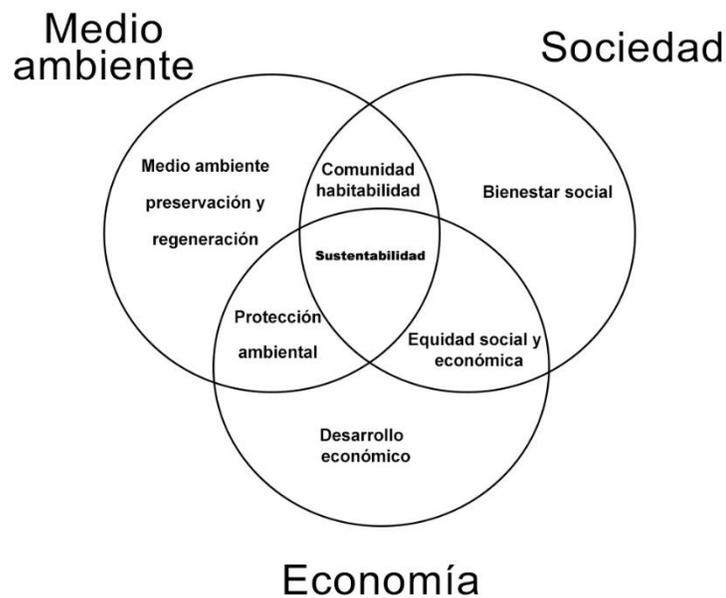


Figura 3. Sustentabilidad.

Fuente: elaboración propia, adaptado de Gudmundsson et al. (2016).

Por su parte, Morales (2005), menciona que la sustentabilidad nació a través de movimientos sociales que confrontaron la crisis de la modernidad, por ello no se puede definir dentro de un concepto, sino que, más bien, es una construcción social compleja y dinámica, y a lo largo del tiempo va integrando vertientes y visiones por lo que va cambiando su significado a lo largo de los años.

3.1.2 Concepto

Toro et al. (2010), mencionan que la sustentabilidad es en sí un concepto complejo debido a su multidimensionalidad y su constante evolución, y sirve para evidenciar la necesidad de un proceso de transformación estructural que tiene la finalidad de integrar el medio ambiente con desarrollo y economía con ecología.

La sustentabilidad, entendida por Calvente (2007) y Conway y Barbier (1990), es la capacidad de un sistema para mantener su productividad a pesar de las perturbaciones y tiene la habilidad para tener un desarrollo económico sostenido conservando recursos naturales: aire, suelos, agua e interacciones complejas y, además, la calidad social; en esto último haciendo énfasis en la salud, educación, la vivienda, seguridad, así como la

equidad, la distribución de la riqueza, el desarrollo económico, producción, consumo y gobierno; así mismo, las aportaciones humanas son decisivas para contrarrestar tensiones que existan dentro del sistema.

Casas et al. (2017), indica que la sustentabilidad es un nuevo paradigma emergente para comprender las interacciones de la naturaleza y la sociedad, donde es primordial afrontar la crisis ambiental implementando nuevas formas del pensamiento, más flexibles y amplias que las que se utilizan en las ciencias convencionales, así como nuevas estrategias de investigación e innovación.

3.1.3 Principios

Ben-Eli (2018), enmarca y describe cinco principios de sustentabilidad que buscan restaurar el rigor para desarrollar ideas esenciales del concepto:

- **Dimensión material:** se trata de preservar la entropía para garantizar el flujo de recursos tanto dentro como fuera de la economía, con el objetivo de lograr una mayor eficiencia en la utilización de los recursos. Esto implica utilizar fuentes de energía regenerativas, reciclar los recursos no renovables y establecer un ciclo cerrado de materia y energía. También implica controlar las fugas, evitar el estancamiento y las concentraciones que no están organizadas o que se producen de manera aleatoria.
- **Dimensión económica:** entiende que la sustentabilidad adopta un sistema contable que guía la economía, el cual está alineado con procesos ecológicos que permita reflejar una valoración verdadera de la biosfera. Esto nos sirve para integrar los conceptos natural, humano, social, manufacturado y financiero; así como alinear la economía mundial con la capacidad de regeneración y reproducción de la naturaleza, crear y practicar una noción de bienestar y desarrollo humano, diseñar regulaciones y políticas fiscales para acentuar resultados deseables y eliminar aquellos que sean adversos.
- **Dimensión de la vida:** trata de garantizar que prevalezca la diversidad dentro de la biosfera, lo cual puede ayudar para conseguir una administración responsable para la red de vida, conservar la diversidad genética, y diseñar

patrones de uso de la tierra para minimizar el daño humano sobre otras formas de vida.

- Dimensión social: trata de maximizar los grados de libertad y autorrealización potencial del hombre sin que ocurran afectaciones entre uno a otro con la finalidad de fomentar la tolerancia multicultural, celebrar los derechos universales, mantener la inclusión y gobernanza, promover el conocimiento y la competencia en la sustentabilidad a través de la educación, incorporar conceptos que fortalezcan un marco legal.

- Dimensión espiritual: dentro de la sustentabilidad se encuentra la idea de tomar conciencia de las dinámicas del misterio, la sabiduría, el amor, la energía y la materia que nos une con el sistema solar, el planeta y su biosfera, así como con las extensiones tecnológicas externalizadas. Esto tiene diversas finalidades, como lo son honrar la tierra con su intrincada ecología, desarrollar compasión en las interacciones del humano y vincular la transformación del colectivo social, sentando las bases para el surgimiento de una nueva conciencia planetaria.

3.1.4 Limitantes y retos

Calvente (2007), indican que si bien la sustentabilidad busca garantizar un equilibrio entre ambiente, economía y sociedad, este objetivo tiende a confundirse con un retroceso económico que planea dejar de lado las tecnologías y el progreso actual, sin embargo, lo que busca es avanzar hacia una relación diferente entre economía, ambiente y sociedad, no intenta frenar el progreso ni volver a estados primitivos, sino fomentar el progreso desde un enfoque amplio, por lo que el mundo se encuentra ante un gran desafío.

Achkar et al. (2005), Casas et al. (2017) y Nebel y Wright (1999), coinciden que llevar el concepto de sustentabilidad a la sociedad moderna le otorga nuevas dimensiones e implica preservar la capacidad de explorar, reflexionar y entender cosas nuevas, y por otro lado, la ciencia de lo sustentable tiene un carácter práctico cuya finalidad es buscar la proyección a futuro, así como la permanencia de las sociedades y de la especie humana minimizando los procesos de degradación presentes y futuros de los sistemas ambientales a través de medios que sostengan la vida en el planeta.

Por su parte, Yáñez-Martínez y Zavarce-Castillo (2009), mencionan que la problemática ambiental, causada por los modelos actuales de producción, consumo y desarrollo insostenible se han agravado debido a que se toma a la productividad, la rentabilidad y la eficiencia como los principales mecanismos de riqueza y bienestar social; así mismo, se ha puesto en tela de juicio desde mediados del siglo XX por su complejidad, sus consecuencias actuales y potenciales, así como por la diversidad de los elementos involucrados.

Por ello, Casas et al. (2017), apuntan que lo mejor es señalar la necesidad de comprender estos procesos de interacción naturaleza-sociedad como fenómenos sistémicos complejos, donde se deben comprender sus componentes y las propiedades de tales sistemas, de igual forma, comprender la sustentabilidad como un proceso dinámico de construcción continua; para ello es imprescindible desarrollar estrategias de la investigación de una manera multidisciplinar y transdisciplinar estableciendo bases institucionales sólidas para compartir saberes y experiencias sobre problemas ambientales para atender preguntas y problemas bajo marcos de conocimiento en común. En el caso del agave azul, según Gerritsen et al. (2011), es un cultivo muy dinámico lo que hace necesario su análisis porque cambia de acuerdo a su demanda en el mercado, además como es necesario implementar investigación multidisciplinarias que aborden su producción desde la perspectiva de la sustentabilidad. Por ejemplo, Álvarez-Sánchez et al. (2010), indican que puede haber una crisis productiva del agave azul a causa del desconocimiento de aquellos factores que regulan su crecimiento y la mínima investigación de las condiciones edáficas en las que se desarrolla. Las líneas de investigación sugeridas tanto por Gerritsen et al. (2011) como por Álvarez-Sánchez et al. (2010), pueden abordarse desde la óptica de la sustentabilidad.

Por su parte, Sarandón y Flores (2014), argumentan que la sustentabilidad es compleja por sus varios objetivos o dimensiones: lo productivo, ecológico, temporal, económico y sociocultural, y que estos son importantes por igual, de cumplimiento simultáneo y no se pueden reemplazar unos por otros.

3.2 Desarrollo sustentable

3.2.1 Desarrollo

Meadows et al. (1993), resaltan que el desarrollo se presenta cuando se logra la realización o expansión de potenciales alcanzando un estado de mejoría completo, por ello el crecimiento es cuantitativo y el desarrollo sería ubicado más en términos cualitativos por su mejora que puede o no tener límites. El desarrollo ha sido una estrategia de acción que se genera bajo las variables de información y participación, generando decisiones que originan el trabajo humano y el desarrollo autogestivo (Niño, 1989).

El concepto de desarrollo debe ser considerado dentro de un sentido amplio que sea capaz de abarcar la protección y mejoramiento de los aspectos del ambiente y la justicia social que son condiciones necesarias para el mejoramiento de estos aspectos que, a su vez, lo son para la sustentabilidad junto con las dimensiones que se desprenden del desarrollo sustentable, que son, además de la ambiental, la social y la económica (Cáceres, 2015; Nebel y Wright, 1999).

3.2.2 Desarrollo sustentable

El concepto del desarrollo sustentable, dentro del informe Brundtland, ha sido descrito como: “el desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Brundtland, 1987).

Ramírez Treviño et al. (2003), consideran que el desarrollo sustentable ha ganado reconocimiento y apoyo por parte de los gobiernos, ya que su discurso ha sido legitimado, oficializado y difundido a partir de la "Cumbre de la Tierra", la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo que tuvo lugar en Río de Janeiro en 1992. En esta conferencia, se estableció la Agenda 21 como marco de referencia para regular los procesos de desarrollo de acuerdo con los principios de sustentabilidad.

Por su parte, Fergusson (2003), entiende el desarrollo sustentable como un proceso cuyo propósito es mejorar las condiciones de vida de la población partiendo de lo específico y de las limitantes de los ecosistemas presentes, bajo modalidades de gestión económica, social y tecno-científica, que enfrente problemas y aborde soluciones sin comprometer el presente y el futuro de los componentes biológicos, del entorno geo-químico y de los sistemas culturales existentes.

Sachs (2015), menciona que el desarrollo sustentable debe implicar un informe normativo con una serie de objetivos a los cuales los gobiernos deberían aspirar como una guía para el desarrollo futuro de la economía y la sociedad; las normativas proponen una serie de finalidades como lo son un progreso económico extendido, que sea eliminada la pobreza extrema, que la confianza social encuentre apoyo en políticas orientadas al refuerzo dentro de las comunidades y que el medio ambiente esté protegido frente a degradaciones causadas por el hombre. Subraya que el desarrollo sustentable debe tener un enfoque holístico ya que las sociedades persiguen, al mismo tiempo, objetivos económicos, sociales y ambientales.

3.2.3 Enfoques del desarrollo sustentable

Para comprender mejor el concepto de desarrollo sustentable, Bifani (2007), describe cuatro enfoques:

Enfoque ecologista: habla de la mera sustentabilidad ecológica, donde no importa el aspecto distributivo si no se hace hincapié en las condiciones necesarias para mantener la vida humana durante generaciones y en los límites ecológicos dentro de un planeta finito. Este enfoque no se focaliza en las demandas económicas y sociales de la sustentabilidad, y argumenta que una gran parte de la contaminación y los perjuicios al medio ambiente son generados por el crecimiento de la producción y el consumo.

Enfoque intergeneracional: hace referencia a la necesidad de preservar la naturaleza para que las generaciones futuras tengan opciones en su aprovechamiento, por ello la definición se centra en la responsabilidad de la generación presente de preservar los recursos para las generaciones futuras, siendo esto controvertido porque

ignora el presente, el aspecto distributivo ya que hay un énfasis en la equidad intergeneracional dejando de lado la equidad intrageneracional. Sin embargo, este enfoque ignora los nuevos descubrimientos, avances tecnológicos y mayores conocimientos que pueden incrementar los recursos o sustituirlos por otros de mayor abundancia.

Enfoque económico: este enfoque considera que el crecimiento económico es fundamental para lograr el desarrollo sustentable, siempre y cuando se trate de un "crecimiento inteligente". Esto implica promover la competitividad a través de una mejor gestión de los recursos naturales y la biodiversidad, así como la reducción de emisiones dañinas. Se basa en la idea de que el crecimiento económico es necesario para fortalecer la protección y la regeneración del medio ambiente.

Enfoque sectorial: plantea que un sector productivo será considerado sustentable cuando utilice un proceso que no cause impactos negativos en el medio ambiente y, al mismo tiempo, sea rentable desde el punto de vista económico. Esto implica una planificación adecuada de las actividades, así como la implementación de diversos planes de uso de recursos naturales. También se deben realizar estudios regionales de ordenamiento de recursos, análisis de costo-beneficio, evaluación de riesgos e impacto ambiental, y seleccionar tecnologías que sean menos perjudiciales para la naturaleza. En el ámbito de la organización social, es importante tomar decisiones consensuadas que consideren los beneficios económicos de la producción y que se distribuyan de manera equitativa entre los actores involucrados en la cadena productiva.

Dadas las carencias actuales en las líneas de investigación de la sustentabilidad en agroecosistemas de agave azul, los enfoques mencionados serían capaces de encontrar y fortalecer las problemáticas de esta plantación en los niveles de la sustentabilidad (económico, social y ambiental), por ejemplo el enfoque económico asegura actividades agronómicas que contribuyan a la recuperación de la inversión de los productores que, según Zizumbo-Villarreal et al. (2013), es uno de los problemas que se pueden encontrar en sistemas con esta plantación donde hay prácticas intensivas de monocultivo.

Ramírez et al. (2003), agregan un enfoque dentro del desarrollo sustentable que llaman "sustentabilidad como gestión", cuyo punto de partida es que la humanidad tiene la obligación de cultivar y conservar la tierra como buen gestor y, mencionan, que varias soluciones a las problemáticas ambientales se encuentran dentro de la tecnología. Retoman la importancia de la política pública como un impulso para el cambio y renovación técnica, económica y cultural. De igual forma este enfoque habla del potenciamiento de los actores sociales colectivos cuyas decisiones deben ser planificadas y meditadas de tal manera que puedan guiar las inversiones públicas y privadas tomando en cuenta la capacidad regenerativa del capital, el cual puede ser humano, natural, de infraestructura, económico y financiero e institucional.

Por su parte, Martínez (2012), destaca que el desarrollo sustentable no pretende ser un estado estable e inalterable, es un conjunto de procesos con cambios continuos y dependerá de la sociedad cómo manejar los recursos naturales, la adaptación a las innovaciones, las inversiones económicas y la modificación de políticas públicas. Por lo tanto, el desarrollo sustentable es una herramienta para analizar y entender, así como mejorar, los procesos del agave azul inclinándolos a una fortaleza en los niveles ambiental, económico y social.

Trabajos como el de Gerritsen et al. (2011), tratan de esclarecer cómo el agave azul, principalmente en regiones de Jalisco, ha adoptado el desarrollo sustentable para conocer las condiciones de la producción, la aceleración de su expansión y el cambio de cultivos tradicionales; los autores mencionados señalan que es importante hacer este tipo de análisis debido a los problemas actuales de la agricultura que se han dado principalmente a los modelos intensivos, los cuales son usados para producir lo que la demanda de agave requiere, de esta manera se pueden generar alternativas productivas de agave azul con un desarrollo visible en el aspecto económico, justo en lo social y ecológicamente apropiado.

3.3 Agricultura sustentable

Robledo-Arratia (2015), señalan que la agricultura ha tenido relación con el desarrollo de las sociedades, en partes del mundo como Egipto, Mesopotamia, China y

México en donde tuvieron un esplendor cultural, social y económico gracias a la domesticación, producción y comercialización de alimentos. Existen evidencias que indican que hace 11,500 años el sureste asiático fue la primera región del mundo donde se comenzaron a cultivar cereales silvestres, principalmente en lo que son ahora las áreas de Irán, Irak, Turquía, Siria, Líbano, Chipre; de estos sitios proviene conocimiento actual de las plantas, de la tierra, la lluvia, arado y del comercio.

Balkrishna et al. (2022), consideran a la agricultura como el arte y la ciencia de cultivar plantas para satisfacer la necesidad primaria del hombre, la alimentación, y ha ido evolucionando hasta convertirse en la actualidad en una actividad de suma importancia por su relación directa con la producción de alimentos y otros bienes, generando en su cadena productiva beneficios económicos.

Bautista y Smit (2012), sostienen que la agricultura ha sido siempre de gran importancia, sin embargo, ha sufrido cambios y adopciones tecnológicas a lo largo del tiempo, por lo que sus objetivos se han modificado hacia la generación de producciones mayores y más eficientes, principalmente por la llamada agricultura convencional; la cual se desarrolló entre los años de 1960 y 1980 en lo que se conoció como la Revolución Verde. Asimismo, estos autores refieren que la forma de llevar esta agricultura ha ido ocasionado una serie de desafíos ambientales y ecológicos, como la erosión y compactación del suelo, la contaminación de las aguas subterráneas, la pérdida de diversidad genética, la contaminación de los alimentos, la disminución de la fauna silvestre, así como problemas sociales y económicos asociados. Por ejemplo, Arnés et al. (2013), consideran que la actualidad es importante alimentar la población mundial, por lo cual han surgido corrientes como la intensificación sostenible, cuya finalidad es el incremento de la producción agrícola así como el aumento del capital natural y el flujo de servicios ambientales aprovechando tecnologías y el capital social, y sin embargo este enfoque es criticado por alentar el productivismo sin realizar modelos de consumo de alimentos o la mejora de la distribución de los mismos. Por lo anterior, se han seguido buscando alternativas eficientes para la agricultura intensiva, lo cual ha llevado a incluir la sustentabilidad dentro de la agricultura.

Altieri y Nicholls (2000), mencionan que la agricultura sustentable surge ante la necesidad de mejorar y desarrollar las prácticas y estrategias agrícolas que aseguren la producción de alimentos y que, al mismo tiempo, mantengan la calidad ambiental y conservación de los recursos. Según Martínez (2019), puede ser una solución para conseguir la seguridad alimentaria de las futuras generaciones, aportando alternativas a producciones alimentarias que, en la actualidad y bajo el modelo convencional, están sujetas a políticas neoliberales y dan prioridad a potencias agrícolas mundiales. Realizando este cambio, los precios de los alimentos bajaría el costo y apoyaría a países en vías de desarrollo.

Prieto et al. (2013), propone que el concepto de agricultura sustentable se puede dividir en tres enfoques principales: el que satisface la demanda de alimentos, mejora el medio natural y el que mantiene el medio rural como fuente de tradiciones, cultura y economía a pequeña escala.

La agricultura sustentable, en consideración de Khan y Rehman (2022) y Salgado-Sánchez (2015), es principalmente una organización eficaz de los medios agronómicos para satisfacer las necesidades humanas manteniendo o mejorando los medios naturales, y a su vez evitando el deterioro ecológico, además de que los factores importantes dentro de la agricultura sustentable son, entre otros: la experiencia en actividades agrícolas, conocimiento sobre tecnologías, formas de organización social, escala de estudio y localidad.

3.3.1 Principios

Según Pretty (2008), la sostenibilidad debe integrar procesos biológicos y ecológicos, como lo puede ser el ciclo de nutrientes, fijación de nitrógeno, regeneración de suelo, la alelopatía, competencia, depredación y paracitismo, todo dentro de los procesos productivos. Es importante, de igual forma, reducir el uso de insumos no renovables dañinos, utilizar los conocimientos y habilidades de los agricultores para sustituir los insumos externos por capital humano para utilizar sus capacidades para resolución de problemas del sistema productivo.

Cuello-Bolaño (2018), indica que agricultura sustentable enfoca diversos objetivos y no se centra en los rendimientos de esta, primando la conservación de la estabilidad del sistema agrícola, su desarrollo armónico, la satisfacción de las necesidades alimentarias de una manera saludable y la independencia de insumos externos.

Salas y Pinoargote (2018), proponen que la sustentabilidad en los sistemas agrícolas se consigue al aplicar los conocimientos en ecología y centrarse en el manejo de los cultivos y su entorno, también conocido como agroecosistemas, se puede impulsar cambios sociales y económicos que conduzcan a un desarrollo humano sostenible.

Según el análisis de Forero (1995), aplicar la agricultura sustentable debe llevar consigo diversos principios fundamentales, los mismos que se enlistan y explican a continuación:

Cobertura del suelo vegetal: mantener la cobertura natural del suelo tanto con hojarasca o residuos orgánicos, así como con vegetación viva ayuda en diversos factores, para prevenir la erosión, la pérdida de humedad, infiltración de lluvias y fertilidad con la adición de materia orgánica.

Reducción de fertilizantes: la cobertura vegetal, si bien auxilia a generar materia orgánica útil para la fertilización, en ocasiones es prudente aplicar dosis certeras de fertilizantes químicos u orgánicos, siempre teniendo en cuenta que un exceso de ellos puede matar a los microorganismos y causa otras problemáticas al medio ambiente, como lixiviaciones.

Evitar compactación: diversas prácticas como el arado con maquinaria, herramientas manuales, el pisoteo del ganado, dañan la estructura del suelo provocando que la germinación de las plantas se dificulte, las capas compactadas también evitan la retención e infiltración del agua, estimula la erosión, impide que la raíz se oxigene, evita que la misma explore el suelo en busca de nutrientes y agua, además de que pueden ser dañadas por estas estructuras compactas. Por otro lado, los fertilizantes no penetran el suelo causando concentraciones tóxicas sobre la capa del suelo. Es necesario evitar y pulverizar estas capas duras. Para ello pueden ser

útiles las prácticas de labranza mínima y labranza cero, ambas son muy similares ya que la tierra no se labra o se hace muy poco; sin embargo, en la labranza mínima los cultivos pueden ser sembrados inmediatamente después de que el cultivo anterior haya sido cosechado y, por lo general, en el momento más cercano al óptimo de la siembra (Rojas, 2001).

Reducción de plaguicidas: el exceso o el mal uso de plaguicidas matan los microorganismos del suelo, fauna benéfica, peces, aves, insectos polinizadores y enemigos naturales de las plagas; de igual forma se presenta la intoxicación de trabajadores, contaminación de aguas, daño de tierra, así como mayores costos de producción y residuos tóxicos en los alimentos.

Rotación de cultivos: con esta práctica el agricultor rota cultivos de diferentes familias en la misma tierra y puede ser útil para reducir plagas y malezas, fija nitrógeno si se siembran leguminosas, las diversas raíces rompen capas duras, raíces largas mueven nutrientes profundos para que el siguiente cultivo los aproveche.

Manejo de malezas: realizar esta práctica desprotege el suelo del viento y lluvia, si no compiten en altura con el cultivo tienden a beneficiarlo. Cortarlas con herramientas manuales y dejarlas en el predio es ideal para el aporte de materia orgánica. Las malezas o arvenses tienen, además, la utilidad de fijar la tierra, rompen capas compactadas, movilizan nutrientes. Puede haber métodos naturales para su control, tales como el uso de alta densidad de siembra, cobertura del suelo, cultivos asociados, combate biológico, manejo integrado de malezas, etcétera.

Otros principios: hay otros principios para generar una agricultura sustentable, como los son integrar, de ser posible, ganado al sistema ya que puede ser un aporte de estiércol, además de productos cárnicos de autoconsumo. El análisis de suelo ayuda para saber cómo se encuentra la salud de las parcelas. Trabajar con los pequeños agricultores e intercambiar conocimientos, generar apoyo familiar, así como asociaciones de campesinos. Diseños que imiten la naturaleza puede llevar a un sistema a tener un control eficiente en diversos aspectos (erosión, fertilización, control de plagas, etcétera).

Por su parte, Khan y Rehman (2022), consideran que la agricultura sustentable tiene diversos componentes, tales como: mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos naturales (suelo, agua, biodiversidad); protegerlos y optimizarlos, que ayudan a tener las condiciones favorables para una buena producción; las relaciones sanas ente el hombre y el medio ambiente, lo cual aumenta la capacidad de recuperación de las personas, las comunidades y los ecosistemas; valoración de los medios de producción autóctonos expresado en un estilo de vida rural, la espiritualidad, y actos de bienestar social; economía del bienestar, donde la gobernanza tiene un papel fundamental.

3.3.2 Limitantes y retos

Según González (2008) y Salgado-Sánchez (2015), en la agricultura sustentable, se debe tener una alta sensibilidad al componente humano, considerando principios éticos, disposición, integrar diversas disciplinas y trabajar en equipo, así como un alto conocimiento en sistemas ambientales y agrícolas, una alta capacidad para identificar las causas y consecuencias e interrelaciones en los procesos dados en los sistemas agropecuarios.

Cuello-Bolaño (2018), indica que se requiere un cambio filosófico institucional que orille los planes de desarrollo, generación y transferencia de tecnología acorde a las condicionantes ambientales y socioculturales y económicas, teniendo en mente la diversidad de condiciones presentes en el entorno, aprovechando así las ventajas del mismo.

Enfocado en las actividades agropecuarias, Cuello-Bolaño (2018), hace notar que el desarrollo sustentable apoya que estas sean principalmente económicas pero que, a su vez, deben satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras, lo cual implica incorporar en la cadena de producción la conservación y el mejoramiento de los servicios ambientales, así como tomar de una forma integradora el punto de vista productivo, ecológico, económico y social.

Por otro lado, Rizo-Mustelier et al. (2017), mencionan que hay un debate en la división del concepto en tres enfoques: el ecocentrista, ajustado en objetivos

ecológicos; humanista, centrado en el desarrollo humano, y tecnocentrista, centrados en el desarrollo tecnológico con orientación capitalista.

Por su parte, Cuello-Bolaño (2018) y Salas y Pinoargote (2018), mencionan que un sistema agrícola es sustentable cuando consiga satisfacer la creciente demanda de alimentos y sustento, a costos económicos y ambientales socialmente aceptables; sin embargo, muchas veces no se consigue la sustentabilidad, debido tanto a la complejidad de estos sistemas y los objetivos del desarrollo sustentable, y a que los sistemas pueden estar influenciados por agentes externos como los cambios de mercado, fenómenos naturales y humanos, así como que cada comunidad tiene problemas específicos.

3.4 Ecosistema

3.4.1 Antecedentes

Según Becht (1974), un sistema se entiende como "un arreglo de componentes físicos, un conjunto o colección de cosas, unidas o relacionadas de tal manera que forman y actúan como una unidad, una entidad o un todo". Sarandón y Flores (2014), consideran que la aplicación del enfoque de sistemas siempre ha existido debido a la necesidad de entender fenómenos complejos, y hoy se utiliza como una herramienta de trabajo en diversas ciencias. Por su parte, Martin y Sauerborn (2013), consideran que no existen criterios para determinar los límites espaciales y funcionales de un ecosistema, sin embargo, a partir de sus propiedades bióticas y abióticas se pueden definir algunas secciones estructurales a diferentes escalas y ser utilizadas para describir patrones y analizar sus procesos.

Tansley (1935), acuñó el término de ecosistema y lo describió como el "complejo de organismos junto con los factores físicos de su medio ambiente", esto en un lugar determinado y fue propuesto como una unidad básica de la naturaleza. Armenteras et al. (2016), señalan que este término ha sido utilizado como un marco de referencia para entender cómo funcionan los seres vivos y su medio ambiente, para posteriormente ser propuesto bajo un concepto de organización, marco y teoría central en la ecología, y definen ecosistema como una característica o funcionalidad que se

puede representar un ciclo de nutrientes, biodiversidad a través de flujos de materia y energía, de genes, etcétera, y a partir de estos se definen los tamaños, límites espaciales, tiempo y componentes relevantes. Gignoux et al. (2011), aseguran que, en la realidad, se ha requerido establecer límites para investigar un ecosistema específico, lo cual implica la necesidad de definir un área o conjunto de organismos e interacciones.

3.4.2 Agroecosistema

Sarandón y Flores (2014), consideran que los agroecosistemas son ecosistemas modificados que proveen alimentos, energía, fibras, así como otros bienes no alimentarios socialmente valiosos y servicios medioambientales, y que tienen grandes impactos sobre la calidad del medio ambiente ya que sus procesos son utilizados en la producción agrícola. Desde un contexto biológico forman redes en donde están implicados los organismos con su entorno en donde actúan diversos factores abióticos y bióticos, y tienen varias características con una serie de objetivos como lo son el control biológico de insectos y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que mejoran la productividad y el rendimiento, además estos sistemas tienen mayor impacto en la sociedad.

Casanova et al. (2016), sostienen que el agroecosistema es un sistema abierto que recibe insumos para generar productos agrícolas y pecuarios, y dentro de su estudio se busca analizar las relaciones ecológicas del suelo-agua-atmósfera, suelo-planta, entre otros, asimismo, bajo el pensamiento agroecológico y sistémico, los factores más importantes de análisis del agroecosistema son los ambientales, sociales y económicos porque la sinergia de estos, rebasa espacial y temporalmente las unidades de producción.

Sarandón y Flores (2014), expresan que estos sistemas son gestionados por familias quienes manipulan en tiempo y espacio sus componentes, entienden las interrelaciones que se dan, y deciden el grado de intervención en el agroecosistema y sus objetivos a través de factores complejos, que involucran sus valores, creencias y conocimientos en su contexto socioeconómico y político. Esta manipulación

seleccionada es la principal distinción con los ecosistemas naturales, en específico en los agroecosistemas se realizan principalmente siembras, cosechas y cultivo, además de otros tipos de gestión como la siega, el pastoreo y la quema, por lo tanto, el estudio de los agroecosistemas es una rama de la ecología (Martin y Sauerborn, 2013; Wojtkowski, 2019).

Altieri (1999) señala que los agroecosistemas tienen una serie de características:

- Componentes abióticos y bióticos, componentes que, al depender unos de otros e interactuar entre sí, desempeñan un papel crucial en el procesamiento de nutrientes y el flujo de energía. La energía se fija inicialmente en el agroecosistema mediante la fotosíntesis, luego se transfiere a lo largo del sistema a través de una cadena trófica y finalmente se dispersa mediante la respiración.
- El ciclaje biológico es la circulación continua de elementos desde una forma inorgánica a una orgánica y viceversa.
- La energía de los sistemas depende de la cantidad fijada por las plantas o productores y los insumos mediante su administración.
- Contiene un volumen total de materia viva que puede ser expresado en términos de biomasa, y su cantidad, distribución y composición varía con los organismos, el ambiente, el estado de desarrollo del agroecosistema y del humano.
- Los agroecosistemas tienden a pasar de formas menos complejas a más complejas y tienen nichos que pueden ser ocupados simultáneamente por una población autosuficiente de más de una especie.
- La población dentro de este tipo de sistemas presenta cambios y las fluctuaciones en el ambiente, mientras que la diversidad de las especies está relacionada con el ambiente físico, cuya estructura alberga en general más especies que una estructura simple.

Los agroecosistemas de agave azul tienen sus propios componentes y, dependiendo del productor o de quien lo maneje, puede tener diferencias; está

compuesto por la plantación de agave en un sistema de monocultivo, propio del modelo convencional, sin embargo, hay agroecosistemas donde se utiliza el acompañamiento con otros cultivos productivos. También, dependiendo del manejo, se puede dejar la flora natural del sistema, aunque es común que sea retirada del mismo, así como se eliminan insectos benéficos a través del uso de plaguicidas de síntesis química, causando una serie de problemas que desembocan en desequilibrio dentro del agroecosistema principalmente por la pérdida de biodiversidad y suelo. El agave tiene un largo ciclo biológico, que comienza por la plantación del hijuelo, el mantenimiento, hasta su madurez fisiológica que es cuando se cosecha lo cual debería mantener el suelo cubierto para favorecer la infiltración de lluvias, además de evitar la sequía y la erosión, tendiéndose a un nivel de regulación si sus componentes no fueran afectados (Bautista et al., 2001; Herrera-Pérez et al., 2017; SAGARPA, 2016; Valenzuela-Zapata, 2006).

3.4.3 Retos

Altieri y Nicholls (2000) y Jhariya et al. (2021), plantean que es de suma importancia una buena gestión del agroecosistema para que sea sostenible, principalmente el mantener las interacciones ecológicas entre especies, y su armonía, ya que los sistemas de producción agrícola son optimizados dependiendo del nivel de interacciones entre sus varios componentes. El fomento de la buena agrobiodiversidad, promueve las interacciones positivas entre los componentes bióticos que generan un uso eficiente del proceso ecológico. Esto posibilita respaldar el funcionamiento del agroecosistema al proporcionar servicios ecológicos como la recirculación de nutrientes, el control biológico de plagas y la conservación del agua y del suelo. La adecuada gestión aumenta la eficiencia en el uso de los recursos, reduce pérdida de cosechas. Casanova et al. (2016), sugieren que en la actualidad es importante también comprender el comportamiento del mercado, las políticas agrícolas, de igual forma el contexto cultural que media la actividad agrícola y su antecedente histórico.

Para mejorar las gestiones del agroecosistema de agave azul, es necesario entender cómo funciona en todos sus niveles, así como tener previsto cómo estos se están modificando por los productores y actores involucrados en su producción en

tiempo y espacio; este análisis ayuda a descubrir los problemas que se encuentran dentro de este sistema que, como dice Casanova et al. (2016), repercute en el comportamiento del mercado, políticas y el contexto cultural, haciendo que los problemas dentro del agroecosistema no sólo afecten al mismo, si no a la cadena del producto.

3.5 Agroecología

Gutiérrez-Cedillo et al. (2008) y Sarandón y Flores (2014), expresan que el término actual de agroecología data de los años 70 como respuesta a las problemáticas que generó la Revolución Verde en los ámbitos ambiental, social y económico, pero esta ciencia y práctica es antigua ya que ha existido básicamente desde el inicio de la agricultura, estando presente en sistemas desarrollados a nivel local que incorporaban mecanismos para ordenar cultivos a las variables del medio ambiente y para protegerlos de la depredación y la competencia. A pesar de que se date en los años 70s, Hecht (1999), señala que la agroecología nació con las culturas indígenas antiguas ya que trabajaban sus sistemas agropecuarios a nivel local, de tal manera que usaban mecanismos para que sus cultivos no causaran cambios en el medio ambiente, además de que los protegían, de manera natural, de los depredadores y la competencia.

Méndez et al. (2016), sostienen que en un inicio la agroecología surgió como un enfoque para comprender la ecología de los sistemas agrícolas tradicionales y como una respuesta a los problemas de la industria agroalimentaria globalizada e industrializada, y se centró en la aplicación de conceptos y principios agroecológicos en el diseño de sistemas agrícolas sostenibles para, más adelante, integrar conceptos y métodos procedentes de las ciencias sociales para comprender aún mejor la complejidad de la agricultura que nace dentro de contextos socioculturales únicos.

Altieri (1987), define a la agroecología como un marco teórico que tiene como finalidad analizar procesos agrícolas para entender las problemáticas de forma integral y holística. Los agroecosistemas son considerados las unidades fundamentales de

estudio ya que en ellos se investigan y analizan los ciclos minerales, la transformación energética, procesos biológicos, las relaciones socioeconómicas y culturales.

Wezel et al. (2009), analizaron diversos términos de agroecología y concluyeron que el mismo tiene tres dimensiones: ciencia, práctica y movimiento social. La primera, indica que es un estudio integrador de la ecología de los sistemas alimentarios en su totalidad. Esto quiere decir que a la gestión de los sistemas alimentarios se les debe aplicar principios ecológicos. De igual forma, la agroecología utiliza varios métodos y avances de distintas disciplinas, teniendo en cuenta conocimientos locales donde se aplican los principios ecológicos. Las definiciones englobadas en la agroecología como ciencia tienden al análisis de las interacciones entre el medio ambiente, plantas, animales y el humano con los sistemas agrícolas.

Por otro lado, el movimiento y práctica enmarcados en la agroecología, puede ser el trabajo por la seguridad alimentaria, la soberanía y autonomía, de igual forma puede ser un movimiento político para lograr el desarrollo rural. Se puede referir, también, a grupos de agricultores asociados para responder a los retos ecológicos y medio ambientales dentro de sus sistemas productivos. En general, las prácticas agroecológicas son nuevas, modificadas, adaptadas y utilizadas para mejorar la agricultura tradicional, y cada una se adecúa a sus objetivos (Wezel et al., 2009).

Yadav et al. (2021), mencionan que la agroecología es la integración del sistema agrícola con la ecología para abordar la cuestión de la seguridad alimentaria mundial y la sustentabilidad, de igual forma busca asegurar el uso de los servicios ecológicos y bienes agrícolas sin alterar el equilibrio ecológico, proporcionando, además, una integración de la ecología, la socioeconomía y los aspectos socioculturales al agroecosistema.

Hilmi (2017) y León-Sicard (2019), destacan que la agroecología plantea, en la dinámica de los sistemas, no sólo un esfuerzo de mejorar el equilibrio, sino una gestión de las interacciones entre las variabilidades económicas, políticas, sociales y naturales en espacio y tiempo, planteando con esto la cuestión de desarrollo a largo plazo, estas

dirigen las alternativas tecnológicas para producir alimentos, fibras y otros materiales en sus distintos agroecosistemas.

Según el reporte de McIntyre et al. (2009), las definiciones proporcionadas y autorizadas por la International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD), entienden a la agroecología tanto como un sistema socioeconómico dinámico, así también una ciencia que aplica conceptos y principios ecológicos al diseño y gestión de agroecosistemas sostenibles, que abarca todas las fases de producción, transformación, distribución, comercialización, venta al por menor, consumo y eliminación de residuos, así como presta su atención al estudio de procesos ecológicos en los entornos agrícolas tales como ciclo de nutrientes, ciclo o secuestro de carbono, ciclo del agua, cadenas alimentarias, ciclos de vida, interacciones de seres vivos, funciones como polinización, entre otros.

Méndez et al. (2016), refiere que a pesar de que existen una diversidad de interpretaciones y aplicaciones del enfoque agroecológico, existen dos perspectivas predominantes: 1) la agroecología como un marco que refuerza, desarrolla o amplifica la investigación científica que está arraigada a la tradición occidental y las ciencias naturales, y 2) la agroecología se ha desarrollado a partir de raíces en ciencias ecológicas y agronómicas hasta convertirse en un marco que integra enfoques transdisciplinarios, participativos y orientados a la acción que se compromete con las cuestiones político-económicas que afectan a los sistemas agroalimentarios; asimismo, existe un gradiente de interpretaciones y aplicaciones que se inclinan hacia uno u otro enfoque, o buscan un equilibrio entre ambos.

De acuerdo con Lorente (2020), el proceso agroecológico lleva a potenciar de manera endógena los territorios para contribuir el mantenimiento de la sustentabilidad sociocultural y biodiversidad, además de que aborda las diversas formas de transición hacia sistemas agroalimentarios sostenibles utilizando las tres dimensiones conocidas de la agroecología: ecológico-productivo, socio-económico y político-cultural, y actúa desde acciones en el ámbito rural hasta la forma en la organización del consumo y políticas públicas intentando promover sistemas agrarios ecológica y culturalmente responsables con la finalidad de conseguir la soberanía alimentaria.

La agroecología como ciencia aplicada, refieren Caporali (2015), se centra tanto en principios teóricos como en aplicaciones prácticas con el fin de implementar soluciones reales, posibilitando también la creación de significados y sentidos colectivos para hacer legítimas acciones de gestión y toma de decisiones en la agricultura y la sociedad.

Toledo y Barrera-Bassols (2017), consideran que la agroecología está compuesta por diversos enfoques y perspectivas en especial, como una ciencia, argumentan que tiene un enfoque transdisciplinario, participativo que se orienta a la acción.

Sevilla-Guzmán y Soler-Montiel (2010), dividen las tres dimensiones de la agroecología y lo explican de la siguiente manera:

Técnico productivo: se basa en la transformación de la naturaleza para obtener alimentos, lo que implica una perspectiva ecológica, agropecuaria y forestal que considera al agroecosistema como unidad de análisis. Su enfoque busca gestionar los recursos naturales de manera integral, considerando las interacciones y la sistémica para comprender cómo se produce la transformación de la naturaleza. A su vez, el enfoque técnico productivo se basa en una epistemología crítica con raíces en la experiencia del campesinado, lo que convierte a la agroecología en una visión analítica alternativa al enfoque científico tradicional. Para lograr esto, se valora la diversidad histórica, ecológica y cultural, así como los valores y la cosmovisión. La agroecología une el conocimiento empírico del campesinado con el conocimiento científico teórico, experimental y aplicado.

Sociocultural y económica: uno de los propósitos de la agroecología es mejorar la calidad de vida de las personas que forman parte de sistemas socioculturales, fomentando una mayor equidad. En este sentido, la agroecología considera esta dimensión como una estrategia para generar bienestar en la población. Para lograrlo, propone diferentes aspectos, como superar los sesgos del mercado, promover una nueva ética que impulse nuevas formas de producción, así como valorar los conocimientos, saberes e instituciones propios de las comunidades campesinas. A través del análisis sociológico, antropológico y económico de las comunidades rurales,

la agroecología busca promover procesos de transformación social mediante un diálogo de saberes. Además, propone equilibrar el poder entre los distintos grupos sociales dentro de la comunidad local, especialmente mediante una relación equitativa entre técnicos y agricultores, sin que exista una jerarquía social predominante.

La búsqueda de equidad impulsa a los procesos agroecológicos a trascender el enfoque exclusivo en la producción y adentrarse en los procesos de circulación, ampliando así su alcance en el estudio e intervención del sistema agroalimentario. De esta manera, se busca lograr una independencia sistémica entre diversas actividades y sectores relacionados con la función alimentaria. En este contexto, cobra mayor relevancia el análisis de las relaciones intersectoriales y la articulación entre la producción y el consumo a través de redes sociales y canales de comercialización directos en mercados locales.

Política: esta dimensión se ha compuesto a través de experiencias mediante proyectos políticos que buscan nivelar la desigualdad. Por lo tanto, la intervención agroecológica debe de disminuir la desigualdad social. Para lograr este objetivo, se deben incorporar, además de la perspectiva histórica, el conocimiento local. Es posible lograr la transformación rural mediante la exploración, organización, análisis y fortalecimiento de los elementos locales en contraposición a los procesos de modernización. Este enfoque busca generar estrategias de cambio participativas basadas en la identidad local, promoviendo la participación activa de la comunidad en el proceso.

De igual forma León-Sicard (2019), reúne tres dimensiones de la agroecología: una ciencia enfocada en el estudio de las relaciones ecosistémicas y culturales, un movimiento social y político que desea mejorar las condiciones agrarias en el planeta y, por último, una forma de hacer agricultura, un sistema productivo más que posee como diferenciador principios filosóficos de respeto a la vida lo cual se expresa en la práctica de diversas formas, como la exclusión de sustancias tóxicas, organismos genéticamente modificados (OGM) y promoción de la agrobiodiversidad.

Por lo tanto, el agave azul puede ser analizado desde la perspectiva agroecológica ya que Pérez (2007), menciona que el proceso productivo del agave ayuda a que exista una gama de especies asociadas a él, así como Bautista y Smit (2012), que mencionan las virtudes culturales del agave, considerando el manejo campesino como un factor fundamental en la cadena productiva, y en el nivel económico SENASICA (2017), mencionan que el agave tiene importancia en la producción agrícola, tanto por su cultivo como por la industria, ya que en conjunto representan un porcentaje importante en el producto interno bruto del país y es una fuente de ingresos para aquellos asociados a la cadena productiva.

Hilmi (2017), afirma que los agroecosistemas buscan de cierta manera imitar la naturaleza y lo hace ofreciendo principios más que recetas que sirven para optimizar los flujos de los nutrientes y energía combinando los elementos presentes en él dentro de un todo, no sólo plantas y animales, sino seres humanos y sociedades.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2018), enumera diez elementos agroecológicos útiles para orientar la transformación de los sistemas agrícolas y alimentarios, integrado la agricultura sustentable y que también pueden servir para formular políticas, gestión y evaluación de agroecológica. Estos son:

- 1) Diversidad:** tiene un papel importante en la optimización de las diferentes especies y recursos genéticos, lo que resulta en una serie de beneficios en términos de producción, aspectos socioeconómicos, nutrición y medio ambiente. La presencia de diversidad potencia la productividad y la eficiencia en el uso de los recursos al maximizar la biomasa y el aprovechamiento del agua de lluvia. Además, fortalece la resiliencia del sistema en general.
- 2) Creación conjunta e intercambio de conocimientos:** juegan un papel esencial en la implementación y desarrollo de innovaciones agroecológicas, enfrentando los retos de los sistemas alimentarios.
- 3) Sinergias:** estas generan distintos beneficios, como por ejemplo la biológica que contribuye al fortalecimiento de las funciones ecológicas. Las sinergias a

- nivel territorial resultan útiles para coordinar las actividades productivas en términos de tiempo y ubicación espacial.
- 4) **Eficiencia:** en este sentido, la agroecología optimiza la utilización de recursos, los procesos biológicos, los nutrientes y el agua, lo que conlleva a disminuir la dependencia de recursos externos.
 - 5) **Reciclaje:** en los sistemas agroecológicos, es necesario promover el reciclaje y la utilización eficiente de nutrientes, biomasa y agua dentro de los sistemas de producción. Esto se logra mediante la diversificación y la generación de sinergias entre los diferentes componentes y actividades.
 - 6) **Resiliencia:** capacidad de los sistemas para recuperarse de perturbaciones, especialmente de fenómenos meteorológicos extremos. Cuanto mayor sea la diversificación de los sistemas, mayor será su capacidad de resiliencia. Además, la diversificación e integración de cultivos, ganado u otros productos pueden brindar también resiliencia económica.
 - 7) **Valores humanos y sociales:** hace hincapié en ellos, centrando las aspiraciones y necesidades de los agricultores, distribuidores y consumidores, en el centro de los sistemas alimentarios. Además, busca abordar la desigualdad de género creando oportunidades, intenta ser una fuente de empleo para la juventud, y trata de convertir a las personas en sus propios agentes de cambio.
 - 8) **Cultura y tradiciones alimentarias:** la desconexión de la humanidad con buenos hábitos alimentarios y la cultura ha acarreado diversos problemas como la obesidad, para enfrentarla, la agroecología desempeña un papel importante ya que pretende unir la producción y el consumo de alimentos saludables, además de lograr un equilibrio entre tradición y hábitos alimenticios modernos.
 - 9) **Gobernanza responsable:** los sistemas agroecológicos promueven mecanismos de gobernanza eficaces, transparentes, inclusivos y basados en la rendición de cuentas. Estos mecanismos permiten a los productores transformar sus sistemas siguiendo los conceptos y las prácticas de la agroecología.

10) Economía circular y solidaridad: la agroecología fomenta la implementación de enfoques que se adaptan a las particularidades de cada región en términos de necesidades, recursos y habilidades locales. Esto tiene como objetivo generar mercados justos, donde se promueva el crecimiento de circuitos alimentarios de corta distancia, asegurando precios equitativos para los consumidores.

3.6 Indicadores de la sustentabilidad

Gudmundsson et al. (2016), asevera que debido a la aparición del desarrollo sustentable surgió la necesidad de contar con indicadores más holísticos que puedan medir el progreso a niveles de sistema. Achkar et al. (2005), señalan que los indicadores son variables que se usan para representar a otra variable o a un conjunto de ellas en un modelo simplificado de un sistema de estudio.

Cuervo-Osorio et al. (2020), agrega que un indicador es una herramienta que proporciona información sobre el estado de un sistema y se utiliza para evaluar las acciones relacionadas con recursos específicos. Estos indicadores pueden ser ajustados para lograr objetivos específicos y resumen los datos disponibles, brindando información sobre el estado actual o la evolución experimentada como resultado de estas prácticas.

3.6.1 Utilidad de los indicadores

Torres-Lima et al. (2004) y Gudmundsson et al. (2016), sostienen que los indicadores de sustentabilidad nacen a raíz de la necesidad de contar con sistemas operacionales de monitoreo y un registro sobre las condiciones ambientales y sociales que guíen los esfuerzos en una transición hacia ese desarrollo, y cuantifican los parámetros clave que lo definen. Por su parte, Sarandón (2002) menciona que el uso de los indicadores en sí debería ser útil para comprender de una manera clara los puntos críticos de sustentabilidad de un agroecosistema y para poder predecir tendencias.

En los últimos años ha crecido el potencial del uso de indicadores, de evaluación de la sustentabilidad, para realizar toma de decisiones en los ámbitos nacional, regional y local, estos sirven para la valoración del desempeño económico, ambiental y social que permiten gestionar la sustentabilidad a través de la medición, evaluación, monitoreo y mejora de los mismos, de igual forma miden la distancia y el sentido de las variaciones del sistema ambiental entre su estado inicial y su transitorio hacia la sustentabilidad, por lo tanto se pueden usar como herramienta para cuantificar cambios, identificar procesos y proveer un marco para la definición de metas y seguimiento de desarrollos (Achkar et al., 2005; Acuña y Verastegui, 2013; Torres Lima et al., 2004).

La generación de indicadores de sustentabilidad se basa en técnicas registradas en la literatura. Hediger (1999), propone los siguientes pasos:

Selección del indicador y recopilación de datos: se seleccionan los indicadores basados en criterios estrictos de calidad y precisión. Los valores del indicador son empíricos y para gestionarlos, se recomienda un marco teórico sólido que maneje los datos necesarios para su cálculo.

Normalización de los indicadores: antes de hacerlos operativos de forma matemática. es necesaria la transformación de base de indicadores en variables adimensionales (normalización). Se utiliza para ello el uso de múltiples atributos útiles y de valores de referencia (valores mínimos y máximos).

Indicadores de ponderación: es importante tener una consideración social a fin de asignar la importancia de las diferentes dimensiones e indicadores. Es aconsejable realizar un análisis de sustentabilidad para determinar la medida que influye en los resultados.

Agregación de los indicadores: los procesos de agregación son variados, dentro del marco propuesto, se comienza recabando la información de los indicadores base, se normalizan y se integran en variables dentro de los atributos del marco de evaluación.

Gudmundsson et al. (2016), sostienen que abordar este problema es desarrollar marcos generales que puedan ser útiles para guiar el desarrollo de indicadores utilizando un enfoque de acuerdo con los fines, utilizando por ello diferentes indicadores para cada uno de ellos.

Actualmente hay una creciente necesidad por encontrar e investigar formas de evaluar la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, sin embargo, incluso hoy hay diversos problemas para conseguirlo, principalmente el hecho de la confusión de cómo hacerlo, y atender a lo que realmente se quiere evaluar. Sarandón (2002), menciona que el componente temporal es intrínseco a la evaluación por que se involucran las siguientes generaciones en la definición de sustentabilidad; de cualquier manera, no existe sólo una forma de evaluarla, todo depende del objetivo de la investigación, lo cual es importante tener en mente para elegir la metodología apropiada.

Torres-Lima et al. (2004), señalan que la evaluación sustentable implica un cambio ético y filosófico en cuanto a nuestra comprensión de la necesidad y responsabilidad de conservar la diversidad cultural, social y medioambiental. Su evaluación no se limita a una mera extrapolación de procesos naturales y sociales condicionados por la economía y la tecnología, sino que se considera como un medio para construir una racionalidad ambiental.

Achkar et al. (2005), entienden que los indicadores son los medios que representan las variables o un conjunto de estas en un modelo simplificado en el sistema de estudio, sirven para la medición de la variación de este sistema y un estado de transición hacia un escenario sustentable. Torres-Lima et al. (2004) señalan que, bajo el marco metodológico de análisis de desarrollo sustentable regional, estas variables miden el nivel afectado por las variables asociadas con la presión sobre el medio ambiente, generalmente son la población, desarrollo socioeconómico y el uso de recursos.

Según Bosshard (2000), contiene los siguientes elementos similares:

- 1)** Generar una visión de la sustentabilidad, estableciendo un marco paradigmático que oriente el modelo de evaluación.

- 2) Jerarquización de criterios empleados de acuerdo con los objetivos del proyecto de sustentabilidad a evaluar.
- 3) Establecimiento de definiciones consensadas para cada criterio.
- 4) Delimitación de las fronteras del sistema.
- 5) Definición de indicadores, tanto aquellos que se medirán directa como indirectamente.
- 6) Establecimiento de una metodología de medición para cada indicador.
- 7) Establecimiento de las unidades en las que serán medidos los indicadores, escalas nominales, ordinales e intervalos.
- 8) Estandarización que asigne valores de apreciación a los datos obtenidos que implica la jerarquización de cada criterio de acuerdo con el contexto del proyecto analizado.
- 9) Síntesis de los valores de apreciación mediante su comparación para los diferentes criterios empleados.

3.7 Evaluación de la sustentabilidad

3.7.1 Marcos metodológicos

Cáceres (2015), entienden que en la actualidad las metodologías de evaluación se dividen en dos corrientes principales basadas en diferentes versiones de sustentabilidad: débil y fuerte. La corriente débil se fundamenta en el enfoque de agregación monetaria o contabilidad ambiental, mientras que la corriente fuerte es empleada por científicos e investigadores de diversas disciplinas y se basa en el uso de indicadores biofísicos.

De acuerdo con Sarandón et al. (2006), la evaluación de la sustentabilidad se ha realizado en varios niveles como lo es el ámbito regional o de la finca, y ha demostrado que en la actualidad no existe un conjunto de indicadores universales que pueden ser utilizados para cualquier situación, por ello deben construirse y adaptarse a la situación de análisis y ser adecuada para los objetivos propuestos.

Sarandón y Flores (2009), mencionan que debido a que la sustentabilidad no tiene un valor real de referencia para la comparación de los resultados analizados, es necesario tener un marco conceptual de evaluación donde se tome en cuenta los valores e ideas que definan lo que es bueno y malo para la sustentabilidad, y de esta manera poder calificar lo evaluado como positivo o negativo para el agroecosistema.

Como afirman Otta et al. (2016), dentro de diversas metodologías contempladas para la evaluación de la sustentabilidad encontramos marcos de evaluación, los cuales constituyen propuestas metodológicas flexibles para guiar la evaluación a través de una serie de pasos partiendo de una jerarquía de atributos u objetivos generales para aplicar en diferentes situaciones y sistemas de manejo, y que su fin son guiar la propuesta de criterios e indicadores delimitados. Astier et al. (2008), señalan que más allá de que estos marcos parten de definiciones precisas, lo hacen a través de atributos u objetivos generales que son aplicables para diversas situaciones y sistemas de manejo, los cuales nos sirven para guiar y derivar criterios e indicadores más específicos.

Otro marco metodológico propuesto por Sarandón (2002), es el de Evaluación de Agroecosistemas Mediante Indicadores de sustentabilidad (EAMIS), el cual tiene una serie de pasos que sirven para evaluar puntos críticos mediante la construcción y uso de indicadores adecuados. Tonolli y Ferrer-Gonzalez (2018), señalan las diferencias entre el marco EAMIS que busca la implementación con enfoque sincrónico o con diacrónico en cualquiera de sus modalidades, y el marco de Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), que postula una necesidad de mediar mediante ciclos de observación para tener un proceso completo de análisis, tomando los enfoques sincrónico y diacrónico sin discriminación sin impedir la aplicación de uno u otro.

3.7.2 Marco de Evaluación de Sistemas Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS)

El marco (MESMIS), presentado por Masera et al. (1999), toma en cuenta la dificultad de los elementos que conforman los sistemas agrícolas de los agricultores y

comprende un análisis comparativo de dos métodos de gestión específicos que operan en una ubicación geográfica determinada, con un contexto social y político similar. Esto se realiza utilizando la misma escala de evaluación, tanto por parte de evaluadores externos como internos. Ramírez et al. (2009), argumentan que ha sido una de las herramientas metodológicas ampliamente utilizada para evaluar la sustentabilidad de manejo de recursos naturales con énfasis en el contexto de productores y en el ámbito local, debido a su análisis desde la parcela hasta la comunidad, brindando así una reflexión crítica para mejorar las posibilidades de éxito propuesto de sistemas de manejo alternativos.

Masera et al. (1999) proponen, de igual forma, un proceso de análisis y retroalimentación, entender las limitantes y posibilidades de la sustentabilidad de los sistemas de manejo que surgen de la intersección de procesos ambientales con el ámbito social y económico. Ramírez et al. (2009), señalan que su metodología contribuye a la adaptación de diversos sistemas de información y capacidades técnicas locales y propone una retroalimentación continua lo cual permite mejorar el modelo, constituyendo una herramienta de desarrollo, por lo tanto, el MESMIS se entiende mejor como un método de organización.

Astier et al. (2008), describe que la metodología MESMIS es conocida por impulsar una reflexión crítica y un acercamiento participativo para el diseño de sistemas de manejo sustentable enfatizando la necesidad de una visión interdisciplinaria y dinámica de los sistemas que busca potenciar o crear sinergias entre la producción de bienes y servicios, la equidad social y la conservación de recursos naturales. Permite, además, reconocer las diferencias subsistemas y sus respectivas relaciones, tomando a la familia como una unidad de control (Speelman et al., 2007).

Dependiendo de lo que se pretende en la evaluación, Masera et al. (1999), proponen modificaciones y adecuaciones para comprender el estado de sustentabilidad en cada componente o factor, con esto se puede realizar una evaluación integral y sistémica. En la evaluación de la sustentabilidad existen dos posibilidades: la evaluación comparativa y la *per se*, y su elección depende del objetivo planteado (Sarandón, 2002).

Cáceres (2015), destaca que al momento de iniciar una evaluación es necesario definir cuál tipo o clase de indicador se va a utilizar, teniendo en cuenta los indicadores de presión, que muestran el efecto de las prácticas de manejo que ejercen sobre los indicadores de estado, que son aquellos que aportan información sobre la situación actual del sistema. Los indicadores de respuesta, por otro lado, indican qué se está haciendo para modificar el estado actual del sistema a evaluar.

Galván-Miyoshi (2008), expresa que el objetivo principal de realizar una evaluación de sustentabilidad es incorporar perspectivas de análisis que atiendan las múltiples propiedades y cualidades que poseen los métodos de análisis de los sistemas de manejo de recursos naturales, examinando al mismo tiempo diferentes y múltiples indicadores y criterios de decisión.

El MESMIS recomiendan una serie de pasos para conseguir la evaluación de la sustentabilidad, los cuales son:

- 10)** Determinación del objeto de evaluación: se definen los sistemas de manejo a ser evaluados, exponiendo sus características y el contexto socioambiental de la evaluación.
- 11)** Determinación de los puntos críticos: se deben encontrar aquellos factores que determinan una insustentabilidad del sistema de manejo a evaluar.
- 12)** Selección de indicadores: en este paso se seleccionan los criterios de diagnóstico para derivar los indicadores necesarios para llevar a cabo la evaluación.
- 13)** Medición y monitoreo de los indicadores: aquí son importantes los instrumentos de análisis para obtener la información necesaria para la evaluación.
- 14)** Presentación e integración de resultados: los sistemas de manejo analizados se comparan para poder indicar los puntos débiles de la sustentabilidad y los factores o aspectos dentro del sistema que la favorecen.

15) Conclusiones y recomendaciones: se realiza una síntesis del análisis realizado para proponer sugerencias útiles para mejorar la sustentabilidad de los sistemas evaluados.

El marco MESMIS ha sido una herramienta importante, al igual que la aplicación de marcos metodológicos utilizando indicadores, para conocer el estado de la sustentabilidad de diferentes agroecosistemas, incluyendo el del agave azul, tales son las propuestas de Bowen y Valenzuela-Zapata (2009), Moreno-Hernández et al. (2011) y Herrera Pérez et al. (2017), que sirvieron para examinar las repercusiones sociales, económicas y sociales de la producción de la cadena agave-tequila, para conocer los niveles de manejo sustentable en parcelas de agave azul, así como para comparar el agroecosistema tradicional con policultivo y el convencional con monocultivo, así como para conocer las prácticas agroecológicas que son aplicadas y cuáles pueden ser usadas en otros sistemas para mejorar las decisiones de cultivo. Los trabajos anteriores son una muestra de cómo el MESMIS o sus adecuaciones sirven para comprender el estado de la sustentabilidad del agave azul, tomando en cuenta su manejo actual o a través del tiempo, para saber cuáles son las problemáticas que causan daños ecológicos, sociales o económicos, así como aquellos que se podrían mejorar.

3.7.3 Limitantes

Según Sarandón y Flores (2009), las limitantes de este tipo de metodologías se relacionan a los indicadores, los cuales son desarrollados para prácticas de manejo para un sistema específico en una región dada, por ello no hay indicadores preestablecidos, por lo que estos deben cambiar según los requerimientos del sistema. Asimismo, los resultados obtenidos se compararán con los objetivos de sustentabilidad planteados y con los indicadores elegidos, de igual forma la estandarización y ponderaciones, son subjetivas por lo que puede llevar a controversias.

Méndez et al. (2016), señalan que un análisis dentro de los marcos metodológicos no puede excluir alguna dimensión, tales como la información ecológica, los conocimientos locales, los circuitos de retroalimentación, y en general la comprensión

integral de la agricultura como un sistema socio ecológico complejo, ya que de no hacerlo así causaría que los problemas del agroecosistema no se tomarían de una manera integral, dejando de lado aristas que son importantes para mejoras productivas.

Sin embargo, Sarandón et al. (2006), mencionan que llevar a la práctica la evaluación de la sustentabilidad ha generado varios problemas y no se han conseguido avances significativos. Las limitaciones son: la traducción filosófica e ideológica de la sustentabilidad dentro de su capacidad de tomar decisiones, al ser un concepto multidimensional que engloba los componentes ecológico, económico, social, cultural y temporal; por lo tanto, se requiere un abordaje holístico, sistémico y multicriterio.

Brunett (2004), agrega que la utilización del MESMIS conlleva la consolidación de un equipo de trabajo multi e interdisciplinario, y sin embargo puede que este equipo no se llegue a formar y no se cree un objeto de estudios común porque puede haber inclinaciones de conocimiento e intereses particulares.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

4.1 Área de estudio: Mezquital del Oro, Zacatecas

4.1.1 Ubicación biofísica

El municipio de Mezquital del Oro (figura 4) se localiza en el estado de Zacatecas (22° 09' 30" LN, 103° 38' LO), cuenta con una superficie de 48,300 hectáreas (483,00 km²). La altura de la cabecera municipal es de 1,200 metros sobre el nivel del mar, y cuenta con una altura máxima sobre los 1,500 msnm. Se ubica en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental (los-municipios, 2022).

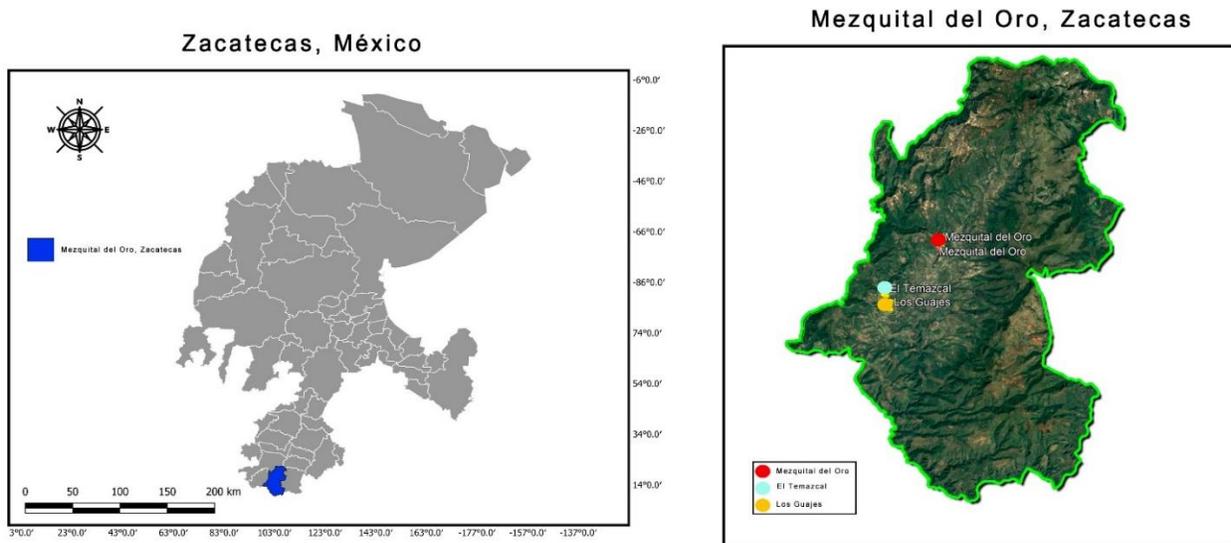


Figura 4. Ubicación espacial del municipio de Mezquital del Oro en el contexto estatal y municipal.

Fuente: elaboración propia, adaptado de www.gob.mx (2022) y Google Earth (2022).

El Mezquital del Oro se encuentra en la sección conocida como el Sur de Zacatecas; está colindando directamente con el municipio de Tequila del estado de Jalisco en dirección sur, al oeste con Trinidad García de la Cadena, al noreste con Teúl de González Ortega, al norte con Juchipila y al este con Moyahua de Estrada, los cuales son los principales productores de agave azul del estado (Violante-González et al., 2015).

4.1.2 Clima

En los últimos 20 años, se ha registrado una temperatura promedio de 22.1°C. La temperatura durante el día es 31.6 °C y por la noche es 12.6 °C; los meses más calurosos son mayo y junio y los más fríos son diciembre y enero. En estos 20 años la temperatura más alta registrada fue de 42.5 °C y la más baja fue de -4 °C (AverageWeather, 2022). Los climas principales son semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (59.0%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (24.2%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (14.2%) y semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (2.6%) (INEGI, 2018).

4.1.3 Suelos

Los tipos de suelo del municipio son el leptosol (42.6%), luvisol (28.9%), phaeozem (23.2%), vertisol (4.0%), regosol (0.9%) y fluvisol (0.3%), la población sólo ocupa el 0.1% de los suelos (INEGI, 2018). El leptosol tiene textura pedregosa, el luvisol una arcillosa y los phaeozem tienen alta cantidad de materia orgánica y es poroso, lo cual los hace ideales para diversos tipos de agricultura, y teniendo en cuenta que los suelos ideales para el agave son aquellos de textura media como los francos, francos arenosos o arcillosos, por lo anterior, en los suelos de Mezquital del Oro no debería haber problemas en la producción de agave azul.

4.1.4 Características sociales y económicas

Mezquital del Oro tiene 2,451 habitantes: 1,235 hombres y 1,216 mujeres, representando el 0.15% de la población zacatecana. Esta población está distribuida en más de 61 localidades, siendo las principales la cabecera municipal con 1,089 habitantes, Los Guajes con 111 y el Temazcal con 102 habitantes (BIENESTAR, 2022; PueblosAmérica, 2022).

La Población Económicamente Activa (PEA) representó para 2015 el 28.48% y de su total el 81.16% se encuentra ocupada y el 18.84% desocupada. La población

dedicada al sector primario representa el 39.51%, secundario con 20.09%, comercio con 6.92%, los servicios con 32.14% (PLANEACIÓN, 2019).

En el sector primario, los trabajadores en actividades agrícolas, ganaderas, forestales representan el 33% y en estas actividades se apoya la mayoría de los hombres con el 40.51% y el 4.80% de mujeres; lo siguiente en lista son actividades elementales y de apoyo, con el 20.20%, en estas, se engloban los trabajadores artesanales, de la construcción. Otros oficios con el 19.19%, y, por último, profesionistas y técnicos con solo el 9.81%. El trabajo de las mujeres se centra principalmente como comerciantes, empleados en ventas y agentes de ventas con 25.60%, como profesionistas y técnicos con 15.20% y como trabajadores auxiliares en actividades administrativas con el 14.40% (PLANEACIÓN, 2020).

En 2022 la Secretaría del Bienestar registró que 888 personas son vulnerables por carencia social, 1,311 tienen pobreza moderada, 113 pobreza extrema, 32 son vulnerables por ingresos y 130 son no pobres y no vulnerables. 832 personas tienen rezago educativo, 267 tienen acceso a los servicios de salud, sólo 139 cuentan con calidad y espacios en la vivienda, 587 con servicios básicos en la vivienda y 144 acceso a alimentación nutritiva y de calidad (BIENESTAR, 2022).

4.1.5 Uso del suelo y agricultura

La sección conocida como el Sur de Zacatecas, que además del Mezquital del Oro, está integrada por cuatro municipios, es la principal región productora de agave azul del estado (Violante-González et al., 2015).

En el INEGI (2018), se puntualiza que el uso potencial agrícola de la tierra, corresponde al 49% del territorio: el 0.2% se puede utilizar para la agricultura mecanizada, 1.1% para la agricultura de tracción animal continua, 47.8% para la agricultura de manera estacional, el 50.9% restante no es apto para la agricultura.

La Coordinación Estatal de Planeación (2019), a través de registros del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en la Información Estadística Básica del Municipio en 2019 mencionan que los principales cultivos son en primer lugar los

pastos y praderas con una superficie sembrada en 2019 de 405 hectáreas, el maíz forrajero en verde con 609 ha en 2020, y maíz en grano con 705.50 ha; el agave azul es el cuarto cultivo de mayor importancia económica en el municipio; sin embargo, la importancia en el informe se ha ponderado con el número de las hectáreas sembradas y cosechadas, mientras que, si se habla de producción, el agave azul es el producto que más valor generó con el 65.17% en 2020 (SIAP, 2022).

En el Mezquital del Oro en 2020 se cultivaron 68 ha de agave azul y cosecharon 18 ha, su valor de producción fue de 35,870.40 miles de pesos, colocándolo en ese año en el segundo lugar del estado por valor de producción detrás de Teúl de González Ortega (SIAP, 2022).

4.2 Metodología de la investigación

El método utilizado en la investigación fue hipotético deductivo el cual permitió observar el fenómeno, a través de una hipótesis para explicarlo, deducir las consecuencias elementales de la misma y la verificación de los enunciados deducidos. Se propuso para ello una investigación mixta, tanto cuantitativa como cualitativa, así como descriptiva del sistema de producción orientado al análisis de la sustentabilidad.

Información documental

En el caso de la investigación presente, el medio informativo fue la consulta bibliográfica relacionada al tema de investigación y publicada en libros, páginas web, artículos científicos, reportes y folletos. Esta constituyó la primera etapa en la investigación.

Población muestral

La determinación de la muestra a estudiar se realizó a través de la técnica bola de nieve, la cual Atkinson y Flint (2001) citan que es una metodología propuesta por Goodman en 1961, y es en la actualidad definida como “una técnica para encontrar al objeto de investigación. En la misma, un sujeto le da al investigador el nombre de otro, que a su vez proporciona el nombre de un tercero, y así sucesivamente.” Este método no probabilístico y, en específico, no discriminatorio exponencial, fue elegido debido a

la falta tanto de organización comunitaria, así como por no encontrar el último registro oficial de productores de agave de la comunidad de estudio. Por eso la población fue difícilmente accesible, conocida en la literatura como *hard-to-reach populations* o *hidden populations* (poblaciones difíciles de alcanzar o poblaciones ocultas) debido a esta falta de medios para su identificación o la falta previa de información de esta población.

Entre las ventajas de esta técnica, dependiendo el caso, está estimar el tamaño de una población y espacios de sociabilidad frecuentes de los individuos, detectando también los vínculos generados por la población (Alloatti, 2014).

Los criterios para elegir, bajo esta técnica, fueron:

- Productores de agave que tengan por lo menos un año de experiencia.
- Que cultiven por lo menos media hectárea de agave.
- Productores dentro de las tres comunidades principales del municipio: Mezquital del Oro, Los Guajes y El Temazcal.
- Disposición de los productores para participar en esta investigación.

De esa manera, el número de productores de agave, resultantes para ser encuestados fue de 24.

4.3 Instrumentos de recolección de datos

4.3.1 Método Cuantitativo

En la fase de campo se aplicó una encuesta a los productores de agave a través de un cuestionario (Anexo 2).

La información recolectada fue sistematizada y ordenada, lo cual permitió la identificación de la problemática dentro del cultivo. El cuestionario estuvo integrado de cuatro secciones, cuya finalidad fue caracterizar, en las comunidades de estudio, el manejo del agroecosistema y determinar la sustentabilidad a través de las dimensiones social, económica y ambiental (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estructura del cuestionario aplicado a productores de agave azul.

Secciones	Objetivo	Tipo de preguntas
1. Información sociodemográfica	Identificar la información sociodemográfica de los productores.	2 Dicotómicas 3 Múltiple respuesta 2 Abiertas
2. Reconocimiento y sustentabilidad del agroecosistema (Índice Técnico Productivo)	Caracterizar las formas de manejo del agroecosistema y determinar la sustentabilidad de estas prácticas.	6 Dicotómicas 16 Múltiple respuesta 15 Abiertas 12 Likert
3. Dimensión económica del agroecosistema	Analizar la dinámica económica de la producción del agave azul.	3 Múltiple respuesta 3 Abiertas 8 Likert
4. Dimensión social en el agroecosistema	Conocer la función social durante la producción de agave azul.	3 Dicotómicas 2 Múltiple respuesta 9 Abiertas 9 Likert

Al cuestionario que se elaboró, se le realizó una prueba de expertos, con especialistas en estadística, agroecología y sustentabilidad. Lo cual ayudó al cambio de preguntas, el tipo de su escala, redacción y el orden de estas.

Asimismo, se realizaron cambios menores de preguntas de baja relevancia o sobre la exactitud de estas para que tuviera importancia la información que se colectara.

También se realizó una prueba piloto con cinco productores al azar y tuvo la finalidad de comprender la dinámica de su aplicación: lo que se tardarían los productores en contestar, cuándo se estarían disponibles, dónde encontrarlos. Se generaron cambios en algunas preguntas, para ajustarlas a su comprensión, para mejoramiento de recogida de datos; asimismo, se agregaron secciones, se arreglaron errores menores de redacción y se comprendió que los productores no tenían conocimiento preciso de plagas y enfermedades, por ello, para el cuestionario final, se imprimieron láminas con imágenes de estas.

4.3.2 Método Cualitativo

Con la finalidad de recolectar datos cualitativos, se realizaron entrevistas no estructuradas o abiertas, a cuatro informantes clave, productores de la cabecera municipal con años de experiencia en el cultivo del agave. De esta manera, se pudo obtener información para identificar las principales problemáticas del manejo del agave azul, y fue un acercamiento para conocer su manejo en las comunidades seleccionadas y tener una aproximación de los indicadores a considerar en la encuesta.

Análisis a través de un Marco de Evaluación

Para la presente investigación se optó por una adecuación del MESMIS, desarrollado por Masera et al. (1999), integrando sus atributos en un enfoque de análisis *per se*, de esta manera se compararía el sistema consigo mismo, enfocándose en su forma de manejo y, a través de los indicadores, demostrar los grados de insustentabilidad del manejo de la producción del agave azul en la región de estudio. Esto mismo tiene la finalidad de utilizar indicadores compuestos que, según Schuschny y Soto (2009) “es una representación simplificada que busca resumir un concepto multidimensional en un índice simple (unidimensional) con base al marco conceptual subyacente”. De esta manera el concepto de sustentabilidad pasaría a ser un índice simple que estará en función del marco conceptual seleccionado.

Al respecto, según Masera et al. (1999), los atributos del marco conceptual seleccionado, para la evaluación dentro de la investigación, fueron:

- Productividad: se debe evaluar para determinar si el agroecosistema proporciona el nivel necesario de bienes y servicios, teniendo en cuenta su contribución a procesos productivos estables y aceptables.
- Estabilidad, resiliencia y confiabilidad: estos tres atributos se combinaron en esta investigación debido a su objetivo de analizar el estado de equilibrio, mantener la productividad después de perturbaciones y obtener beneficios cercanos al equilibrio frente a cambios en el medio ambiente.

- Presión: utilizada por Moreno-Hernández et al. (2011), son las actividades y acciones que tienen un grado de intensidad en el uso y el aprovechamiento de los recursos naturales y económicos en el proceso de producción
 - Adaptabilidad: considera la capacidad de adaptabilidad y la búsqueda activa de nuevas estrategias de producción.
 - Equidad: evalúa de manera equitativa la distribución de beneficios y costos tanto dentro de una generación como entre generaciones, en relación con la gestión de los recursos.
- Autogestión: hace referencia a la habilidad de regular y manejar las relaciones con el entorno, teniendo en cuenta los procedimientos de estructuración y los mecanismos sociales y ambientales.

4.3 Indicadores seleccionados y su medición en el cultivo del agave azul

Se analizaron 15 Indicadores de sustentabilidad dentro de tres dimensiones: seis en lo social, cinco en la económica y cuatro en ambientales. Los indicadores empleados fueron seleccionados en base al diagnóstico de la problemática detectada a través de la revisión documental sobre la producción de agave azul y de las respuestas de los productores a través del cuestionario aplicado. Estos indicadores seleccionados y la forma en que fueron medidos se enlistan a continuación:

1) Rendimiento. La productividad por ha⁻¹ se obtuvo multiplicando el número de agaves por ha⁻¹ (AG*ha) por el peso promedio de la piña (PP), restando la pérdida anual promedio (PAP). Para contrastar con un óptimo, se tomó el referido por Herrera-Pérez (2017) tomando de SAGARPA-INIFAP (2015) el cual son 140 toneladas con una densidad de 4000 agaves por ha⁻¹.

$$\% \text{ Rendimiento} = (AG*ha) (PP) - (PAP)$$

Donde:

AG*ha = agaves por hectárea.

PP = peso promedio de la piña.

PAP = Pérdida anual promedio.

2) Aplicación de materia orgánica (M.O.). Se consideraron los suministros a través de: hojas de agave que se dejan en los predios; estiércol, composta, lombricomposta, biopreparados y alguna otra materia orgánica aplicada. Para la presentación de los resultados se consideró la media del indicador realizando una evaluación de la aplicación de M.O. con la fórmula de Sensibilidad Ecológica (SE) de Fuentes (2014).

$$\% \left(\frac{\text{Media del indicador} * 100}{\text{Escala}} \right)$$

Esta fórmula sirve para analizar la actitud de los productores con respecto al cuidado de sus recursos naturales.

3) Índice de Diversificación Agropecuaria (IDA). Los porcentajes de los aspectos que se evaluaron fueron: cultivos que acompañan al agave (maíz forrajero, frijol, limón y otros), productores de agave que realizan la rotación, presencia de plantas diferentes a cultivos (pastos, arvenses, árboles, arbustos y arbustivas) y si hubo pastoreo en la parcela; asimismo, se analizaron por separado bajo la fórmula SE para posteriormente sumarse y dividirse entre cuatro.

$$\% = \frac{\left(\frac{CA * 100}{Escala} \right) + \left(\frac{RO * 100}{Escala} \right) + \left(\frac{PDC * 100}{Escala} \right) + \left(\frac{PA * 100}{Escala} \right)}{4}$$

Donde:

CA = Media de los cultivos que acompañan al agave

RO= Media de los gaveros que realizan rotación

PDC = Media de las plantas diferentes a cultivos

PA= Media del pastoreo en la parcela

4) Incidencia de plagas, enfermedades y siniestros. Se midió el porcentaje de productores que tuvieron presencia de plagas, enfermedades, suelos infértiles y algún tipo de siniestro en sus plantaciones de agave azul, y el nivel porcentual de afectación o daño según su criterio. Para obtenerlo, se calcularon el porcentaje de productores afectados, y el nivel porcentual que tuvo la incidencia de plagas, enfermedades y aquellos siniestros que más se

presentan en las plantaciones, a través de la fórmula de SE, utilizando la media del indicador, para generar un nivel porcentual total.

5) Dificultad para comercialización. La dificultad para la comercialización se obtuvo mediante la evaluación de los aspectos: garantía de producción, precio fluctuante de la piña, rentabilidad actual del cultivo, a través de la fórmula de SE utilizando la media del indicador. El resultado de este análisis es la dificultad para su comercialización, para conocer el porcentaje de quienes no tienen dificultad, al 100% se le restó este resultado.

$$\% = 100 - \left(\frac{\text{Media del indicador} * 100}{\text{Escala}} \right)$$

6) Intensidad de uso de suelo. Se evaluó, a través da información de los productores, los aspectos: criterio de los productores sobre el nivel de erosión en el suelo, las prácticas que desfavorecen el suelo (utilización de maquinaria pesada, desmonte) así como prácticas que favorecen la mejora del suelo (manejo manual de arvenses, descanso de tierras, práctica escalonada, cobertura vegetal, agave con surcado en orientación inversa, (curvas de nivel y otras obras), así como el nivel de aplicación de agroquímicos; asimismo, a través de la fórmula de SE de cada indicador, dividido entre los cuatro. Cabe indicar que el resultado de las prácticas que favorecen el suelo se toma el aspecto negativo, para ello al 100% se le resta este resultado.

$$\% = \frac{\left(\frac{ES * 100}{Escala} \right) + \left(\frac{PDS * 100}{Escala} \right) + \left[100 - \left(\frac{PFS * 100}{Escala} \right) \right] + \left(\frac{AQ * 100}{Escala} \right)}{4}$$

Donde:

ES = Media del criterio de erosión del suelo

PDS= Media de las prácticas que desfavorecen el suelo

PFS = Media de las prácticas que favorecen el suelo

AQ= Media de la aplicación de agroquímicos

7) Asimilación de innovaciones. Se evalúa la disposición que tienen los encuestados al cambio o a la adopción de innovaciones expresada a través

de la fórmula de SE, junto con el porcentaje de quienes tienen disponibilidad de producir sin agroquímicos, dividido entre dos.

$$\% = \frac{\left(\frac{AIN * 100}{Escala}\right) + DPSQ}{2}$$

Donde:

AIN= Media de la asimilación de innovaciones

DPSQ= Porcentaje de quienes tienen disponibilidad de producir sin agroquímicos

8) Participación familiar en las labores agrícolas. Se midió el número de miembros de la familia que contribuye en labores agrícolas y el nivel de las actividades en las cuales ayudan, dividido entre dos para generar el porcentaje de participación.

$$\% = \frac{\frac{PER}{NA} + \frac{PNE}{NL}}{2}$$

Donde:

PER= Porcentaje de evaluación de la respuesta

PNE= Porcentaje del nivel de las labores evaluadas.

NA= Número de agricultores evaluados

NL= Número de labores evaluadas

9) Relevamiento intergeneracional. Se expresa a través del análisis de la seguridad que tienen los agricultores de que sus hijas o hijos continuarán las labores productivas de agave, analizada con la fórmula de sensibilidad ecológica.

$$\% = \left(\frac{Media\ del\ indicador * 100}{Escala}\right)$$

10) Índice de Conocimiento del Agroecosistema (ICA). Para conocer la experiencia que tienen los productores en el sistema de agave azul se evaluaron dos variables: a) edad promedio del productor y b) número de años cultivando su propio agave a través de la fórmula propuesta por Herrera-Pérez (2017). Para el análisis de este indicador, se dividió el grupo de los productores encuestados para realizar un análisis del conocimiento del agroecosistema de una forma homogénea. Para esta finalidad se utilizó la mediana, la cual dio un resultado de 9 años; de esta manera aquellos

productores con menos de 9 años trabajando este cultivo tienen menos experiencia que aquellos que tienen más de esta edad produciendo. Por lo tanto, se consiguió la respuesta del primer grupo, ICA1, y del segundo grupo, ICA2, se sumaron y dividieron entre dos.

$$ICA1 = \left(\frac{ACP1}{EA1} \right) / \left(\frac{ACP1 \text{ Max}}{EA1 \text{ Max}} \right) * 100$$

$$ICA2 = \left(\frac{ACP2}{EA2} \right) / \left(\frac{ACP2 \text{ Max}}{EA2 \text{ Max}} \right) * 100$$

$$\% = \frac{ICA1 + ICA2}{2}$$

Donde:

EA1= Edad promedio del agavero del primer grupo

ACP1=Años cultivando su propio agave del primer grupo

ACP1 máx.= Años cultivando su propia agave máximo del primer grupo

EA1 máx.= Edad promedio del agavero máximo del primer grupo

EA2= Edad promedio del agavero del segundo grupo

ACP2=Años cultivando su propio agave del segundo grupo

ACP2 máx.= Años cultivando su propia agave máximo del segundo grupo

EA2 máx.= Edad promedio del agavero máximo del segundo grupo

11) Actividades generadoras de ingresos. Se analizaron las actividades generadoras de ingresos y qué porcentaje aportan estas a la recuperación de la inversión anual a través de la media del indicador con la fórmula de SE.

$$\% = \left(\frac{\text{Media del indicador} * 100}{\text{Escala}} \right)$$

12) Grado de independencia externa. Se consigue la dependencia externa evaluando cuáles son los insumos y servicios externos, de los cuales los productores tienen dependencia, así como el nivel de la misma a través de la media del indicador con la fórmula de SE. El resultado fue restado del 100% para conseguir la respuesta de la independencia externa.

$$\% = 100 - \left(\frac{\text{Media del indicador} * 100}{\text{Escala}} \right)$$

13) Independencia del capital para producir. Comprende la independencia al capital externo que tuvieron los productores para iniciar su producción y mantenerla, así como un análisis de los programas gubernamentales de los

cuales pudieron recibir apoyo económico. La fórmula arroja la dependencia del capital para producir, para conseguir la independencia se resta el resultado al 100%.

$$\% = 100 - \frac{PRAE + \left(\frac{NDIP * 100}{Escala}\right) + PRAG}{3}$$

Donde:

PRAE=Porcentaje de productores que recibieron apoyo económico externo para iniciar con la producción

NDIP=Media del nivel de dependencia económica una vez iniciada la plantación

PRAG=Porcentaje de productores que reciben apoyo económico gubernamental

14) Dependencia de asistencia técnica. Expresa el nivel de capacitaciones técnicas que se tuvieron para comenzar la producción, mantenerla y si las recibe actualmente. Para conocer el nivel de dependencia técnica y el de la guía de labores agrícolas se utilizó la fórmula de SE, estos se sumaron junto con el porcentaje de apoyo de fuentes de asistencia técnica al iniciar y una vez iniciada la plantación, y se dividieron entre tres.

$$\% = \frac{\left(\frac{DT * 100}{Escala}\right) + \left(\frac{GA * 100}{Escala}\right) + PFT}{3}$$

Donde:

DT= Media de la dependencia técnica

GA= Media de la guía en las labores agrícolas

PFT= Porcentaje de apoyo de fuentes de asistencia técnica al iniciar y una vez iniciada la plantación

15) Formas de organización de productores. Se consideraron el número de productores organizados, tipo de organizaciones, como piensan que les han auxiliado y su opinión sobre realizar una organización para la producción y venta de la piña de agave azul.

$$\frac{\left(\frac{IO * 100}{Escala}\right) + \left(\frac{AO * 100}{Escala}\right) + PPO}{3}$$

Donde

IO= Media de la importancia de la organización

AO= Media de los aspectos en los que ayuda la organización
PPO= Porcentaje productores organizados

4.4 Técnicas para el análisis de la información

Los datos obtenidos se capturaron en una base de datos en Microsoft® Excel 2021, y analizaron en el programa Statistical Package for Social Science (SPSS) versión 26 para medir las características del sistema de manejo.

Se realizaron medidas de tendencia central que indican alrededor de qué valores se agrupan los datos observados.

Para el análisis de los datos cuantitativos se realizaron estadísticos descriptivos y para el caso de los cualitativos, un análisis de frecuencias de respuestas, así como medidas de dispersión como el coeficiente de variación y la desviación típica.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Datos sociodemográficos

La edad máxima de los productores fue de 71 años y la mínima de 24, con un promedio de 50 años, cuya participación de jóvenes en la actividad productiva es baja, lo cual representa 22.4% del grupo, atribuido a la falta de interés por el trabajo en el campo. Al respecto, SAGARPA y FAO (2014) indican que los responsables de unidades económicas rurales tienen un promedio de 54.6 años, debido a la migración de la población joven en edad productiva.

Los encuestados, en su totalidad, fueron hombres, las mujeres del municipio no están interesadas en actividades productivas en el campo. Los productores encuestados, tienen estudios o se dedican a diferentes actividades (BIENESTAR, 2022). El 83% de ellos están casados, el 9% son viudos, un 4% son solteros y otro 4% son divorciados. Los casados son los jefes de familia, al igual que los viudos y el divorciado, el jefe de familia del soltero es su padre. El 92% de los productores tiene una casa propia, un 4% renta y a otro 4% se la presta un familiar.

El 100% de los productores encuestados sabe leer y escribir; en la figura 5 se muestra que el 38% de los productores tienen la secundaria completa, el 25% sólo la primaria, un 4% preparatoria, mientras que el 13% la universidad: uno en licenciatura en administración. El 8% tiene otros estudios, en este caso hace referencia a maestrías, un productor la tiene en educación y otro en sociología. El 12% tienen primaria, secundaria y preparatoria incompletas.

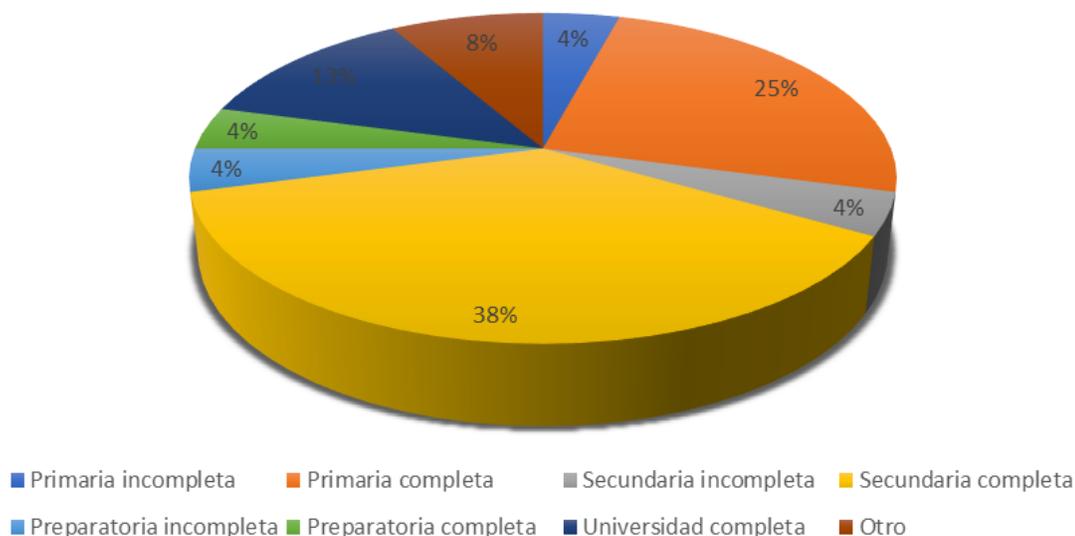


Figura 5. Escolaridad de los encuestados.

Fuente: trabajo de campo 2022.

Sólo el 20% de los productores vive de la producción del agave azul, mientras que el resto tiene una o más fuentes de empleo u obtención de recursos económicos. El 42% de los productores que se encuentra en el rango de no tener estudios superiores, trabajan principalmente en otros campos, como albañiles, carpinteros, etcétera.

Cabe mencionar que, considerando la migración, de los productores entrevistados 12.5% va temporalmente a Estados Unidos, mientras que otros que no fueron localizados, pero fueron indicados con la técnica bola de nieve, están actualmente en el extranjero.

5.2 Caracterización de la producción de agave azul

Las personas encuestadas del municipio de Mezquital del Oro, fueron de las tres principales localidades, siendo diez productores de la cabecera municipal, nueve de la localidad de los Guajes y cinco del Temazcal. El tiempo promedio que llevan cultivando agave azul es de 10.54 años, dos productores sólo tienen un año realizando esta actividad y quienes más tiempo trabajando el agave y pertenecen a familias con tradición de su cultivo de las comunidades de los Guajes y del Temazcal, llevan 30 años con esta actividad. Se utilizó la mediana para dividir el grupo de acuerdo con la

edad de la experiencia plantando, la cual resultó de 9 años, indicando que los productores de menos de esta edad son nuevos en este cultivo y con menos experiencia.

Los productores informaron que las familias que tienen tradición en el municipio son por lo menos de tres generaciones, pero mencionaron que se dedicaban principalmente a las producciones de agave manso (*A. salmiana*). La producción se realiza sin el uso de insumos externos y con mayor cuidado al suelo. La actividad cambió hace dos décadas, cuando se da un cambio al cultivo de agave azul debido a que se comenzó a presentar el “coyotaje” de tequileras de Jalisco, las cuales sólo buscaban agave azul. Lo anterior coincide con lo que registraron Rodríguez-Contreras et al. (2017), para el municipio de Tonaya y regiones del sur de Jalisco, donde un análisis histórico demostró el cambio del *A. angustifolia*, que fuera un cultivo tradicional, por el agave azul debido a la demanda del tequila y el precio con el que era pagado. El agave manso, en Mezquital del Oro, se utilizaba, según los productores, también para elaborar mezcal en tabernas locales principalmente para uso dentro de la familia o realizar pocas ventas dentro de la localidad. En la actualidad sólo existe una pequeña taberna en el municipio que es ocupada por un grupo de productores para generar mezcal tanto personal como comercial, pero su operación es limitada por la baja demanda del producto.

La creciente producción de agave azul en la zona del sur de Zacatecas está relacionada a su cercanía con el estado de Jalisco, lo cual ha derivado a que las tequileras de ese estado busquen materia prima ya que la producción del tequila ha ido en aumento. En el sur de Zacatecas existen por lo menos 22 fábricas de mezcal entre micro y medianas empresas (García y Macías, 2010); asimismo, las plantaciones se han extendido en los municipios de Mezquital del Oro, Trinidad García de la Cadena, Teúl de González Ortega, Juchipila, Moyahua de Estrada, Jalpa y Nochistlán. No obstante, el nivel de producción dado por la oferta y demanda de estas pequeñas empresas no ocupa de grandes cantidades de piña de agave para ser destilada, por lo tanto, la mayoría de lo que se produce en el municipio se vende fuera.

Otros de los factores que los encuestados mencionaron acerca de su inserción en el agave azul, es la “facilidad que tiene esta planta para ser trabajada”, el hecho de que

sólo requiera poca agua es fundamental, debido a los problemas que tienen los pobladores con su escasez, lo cual les impide sembrar otros productos fuera del temporal. Otro factor mencionado por los productores es la posible ganancia de mayor capital económico comparándolo con otros cultivos, por lo cual se comenzó a adoptar es el agave, desplazando así otras plantaciones o incluso adecuando predios para la labor.

5.2.1 Inicio de las plantaciones

Según Ruiz Corral et al. (2020), las producciones de agave azul deben realizarse a una altura recomendada de 1,500 msnm, e incluso entre 1,600 y 2,200 msnm, de otra manera el azúcar requerido para su destilación no sería el óptimo (Ruiz-Corral, 2007). El Mezquital del Oro se encuentra entre 1,200 a 1,500 msnm, por lo que podemos inferir que las áreas más altas son óptimas para plantar dicho cultivo mientras que las más bajas podrían presentar problemas por los niveles azucares requeridos.

La temperatura promedio que requiere el agave azul, según del Real (2019) y Zapata (2003), es de 20°C. En los últimos 20 años el promedio en el municipio ha sido de 22.1°C, por lo cual las plantaciones no deberían tener problemas en este sentido.

Los suelos ideales para el agave azul son aquellos de textura media como los francos, francos arenosos o arcillosos, los principales suelos del municipio son leptosol (42.6%), el cual tiene textura pedregosa, el luvisol (28.9%) de textura arcillosa y el phaeozem (23.2%) que tienen alta cantidad de materia orgánica y es poroso, lo cual los hace ideales para diversos tipos de agricultura (SAGARPA y FAO, 2014). Por lo anterior, en los suelos de Mezquital del Oro no debería haber problemas en la zona para cultivar agave.

Para iniciar con el cultivo de agave azul en el municipio, el 33% de los productores encuestados mencionaron que el conocimiento adquirido fue de parte de externos, principalmente personas mayores o de otros municipios que les enseñaron las labores básicas para poder iniciar sus propias plantaciones. Al 29% les transmitieron conocimientos sus padres, los cuales eran productores con tradición en el cultivo de agave, no sólo del azul, si no del manso. Al 17% les enseñaron diferentes familiares,

como hermanos, tíos o suegros que de igual forma contaban con habilidades previas en ese agave. El 13% se fueron enseñando solos a través de la práctica, aunque dijeron que de vez en cuando pedían opiniones o consejos a personas con mayor experiencia. Al 8% los instruyeron sus propios amigos.

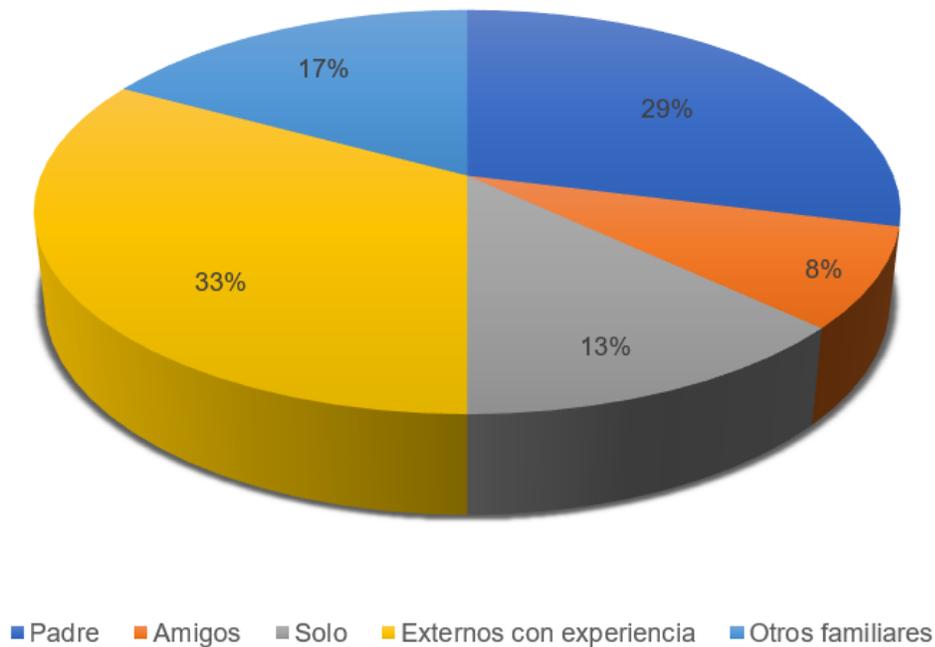


Figura 6. Vías de adquisición de conocimientos sobre la plantación.

Fuente: trabajo de campo 2022.

Las familias, en la tradición del cultivo de agave azul fueron importantes, ya que como registran Zapata y Gaytán (2009), para el Valle de Amatlán y Tequila, de los principales municipios productores de ese agave, existía cierta herencia cultural donde los conocimientos se transmitían de padres a hijos, además de que las labores asociadas a este cultivo eran específicas y los empleadores eran locales y tenían mayor cercanía con sus trabajadores. Como aseguran los autores antes referidos, en la actualidad hay cambios, debido a que el modelo actual ha causado que la agricultura tradicional y diversificada se perdiera, ahora se requiere menos mano de obra y estos cambios han causado fenómenos como migración de agricultores, falta de competitividad y por lo regular existe la falta de incentivos para seguir sembrando

cultivos tradicionales, así como escasa participación social entre ellos (Sánchez-Soto, 2016). Esto también se refleja en Mezquital del Oro, ya que es bajo el porcentaje de transmisión de conocimientos de padres a hijos y en su mayoría han aprendido preguntando a personas con experiencia, o a familiares que ya la han adquirido de terceros; asimismo, se contratan pocos jornaleros para labores específicas, mismas que sólo han aprendido con la experiencia y la guía de sus empleadores, y no por el intercambio de conocimientos de manera cultural o adquirida por capacitación por un técnico.

En la Figura 7 se presenta el porcentaje de los encuestados según el tipo de tenencia de la tierra con la que trabaja. El 45% mencionó que los predios en donde cultiva son de su propiedad; el 38% la renta, al 14% le prestan terrenos para que lleve a cabo sus labores y el 3% está a mediería. Cabe resaltar que los productores que trabajan mayor número de predios pueden tener más de un tipo de tenencia. Es importante destacar que el municipio, debido a la falta de DOT, básicamente presenta las tenencias de tierras referidas en Herrera-Pérez et al. (2018): renta y siembra en tierras propias; otras podrían ser la renta de predios por parte de tequileras o esquemas de aparcería, donde los dueños del predio lo ceden a cambio de una cantidad de dinero o los beneficios que se darán al finalizar la producción, dependiendo con lo que se haya aportado inicialmente; sin embargo, algunos de ellos utilizan la mediería, que es un contrato en el cual el dueño de la tierra la aporta, mientras que el productor de agave contribuye con el trabajo y las herramientas necesarias, de tal manera que las ganancias se dividen en partes iguales, aunque este sistema se utiliza muy poco, lo cual nos indica que los productores del municipio trabajan su propia tierra, la rentan o se las prestan. De igual forma, no se integran a una cadena vertical de producción, esto debido a que es un esquema económico donde hay control de la cadena para mejorar la eficiencia de la producción al minimizar costos y de transacción, por lo cual es usual que la lleva una empresa (Herrera-Pérez et al., 2018).

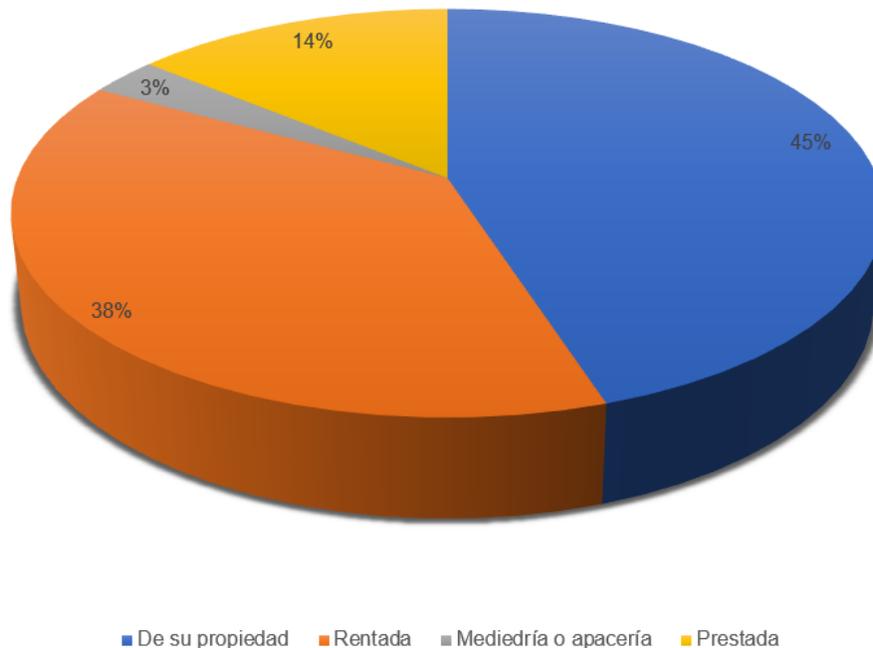


Figura 7. Formas de tenencia de la tierra con plantaciones del agave azul.

Fuente: trabajo de campo 2022.

La superficie promedio que tienen los agricultores encuestados fue de 4.97 ha, el mínimo es de 1 ha y el máximo 15 ha, con coeficiente de variación de 72.8%, siendo muy alto, lo cual es normal por la diferencia de años cultivando. Cabe mencionar que por lo menos dos productores de los encuestados cuentan con predios con agave azul fuera del municipio, por ejemplo, en García de la Cadena, pero para fines del presente trabajo fueron considerados los del área de estudio.

Cuadro 2. Hectáreas de cultivo de agave azul.

Mínimo	Máximo	Moda	Media	Mediana	Desv. Tip
1	15	3	4.98	3	3.625

Fuente: trabajo de campo 2022.

En cuanto a las barreras económicas para iniciar la plantación, la inversión inicial del 71% de los productores fue propia. Por el contrario, el 9% necesitó un préstamo de un tercero, el 4% el préstamo de un banco, un 8% lo obtuvo de un programa de

gobierno municipal y el 8% mencionó que sus padres los incentivaron proporcionándoles los hijuelos.

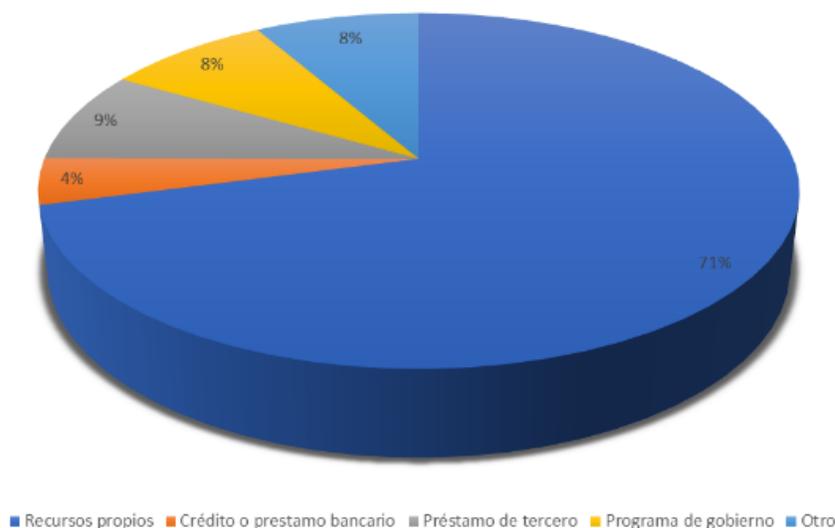


Figura 8. Inversión inicial en el cultivo de agave azul.

Fuente: trabajo de campo 2022.

Antes de iniciar sus plantaciones, tres productores (12.5%) realizaron análisis de suelo. Al respecto, Ruiz-Corral (2007) y Uvalle et al. (2007), indican que hacerlo puede ser útil para conocer de antemano las características y la composición de este, de tal forma que se obtienen los datos para mejorar las decisiones agronómicas que benefician al cultivo de agave. Es necesario conocer si sus suelos tienen el pH de tolerancia adecuado, que puede ser de 6.0 a 8.0, de igual forma no se recomiendan aquellos con problemas de acidez o alcalinidad, así como se debe conocer si lograrán satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo, de no ser así, con esta información se puede formar un plan de nutrición adecuado.

Para la preparación de la tierra y plantar agave azul, el 87.5% de los encuestados aseguró que había realizado desmonte. Esta práctica, según autores como Huacuja (2020) y Rzedowski (2006), es una labor que remueve la cubierta vegetal nativa y otros elementos biológicos que crecen de forma natural en estos suelos, y deriva en problemáticas como la degradación y la erosión. Debido a la expansión de agave azul, estos desmontes son recurrentes en zonas donde son necesarios nuevos predios para

su producción, y en estos sitios se notan las problemáticas antes mencionadas en mayor medida (Romero, 2021).

Por otro lado, el 58.3% refirieron no haber tenido una siembra previa en los predios que utilizan para el agave. Autores como Sánchez-Soto (2016), Zapata y Gaytán (2009) y Zizumbo-Villarreal et al. (2013), señalan que uno de los principales problemas asociados a la expansión del cultivo de agave azul es el desplazamiento de granos básicos y el cambio cultural de cultivos ancestrales o de apoyo económico a los productores, fenómeno que ocurre en el municipio ya que el 41.7% aseguró que dejaron de cultivar plantas como el maíz forrajero en verde (dicho por el 25%), maíz en grano (20.8%) y el 16.7% mencionó otros cultivos, principalmente diversos pastos para ganado; cultivos que únicamente se producían con temporal y que ya no les era necesario tenerlos y por ello optaron por el agave azul como sustituto económico viable.

Los productores, principalmente aquellos que ya tienen tiempo cultivando y no necesitan hijuelos o esquejes de otros lugares, refirieron que al inicio eran adquiridos de municipios de Jalisco y de los adyacentes. Sin embargo, cuando sus plantaciones tuvieron hijuelos, ellos los aprovecharon en otras plantaciones o comercializan los excedentes. Otro porcentaje (50%) aún requiere de hijuelos, la Figura 9 muestra de dónde provienen.

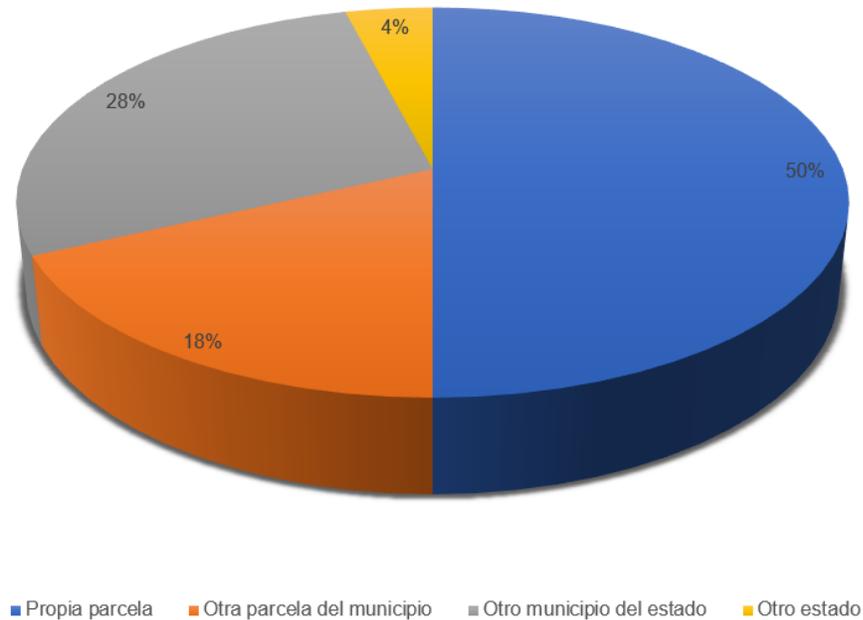


Figura 9. Lugar de adquisición de los hijuelos de agave azul.

Fuente: trabajo de campo 2022.

El 28% compra los hijuelos en la localidad de Cuxpala, municipio de Moyahua de Estrada, y en García de la Cadena y Juchipila. El 18% los adquiere dentro del mismo municipio, lo cual agrega un ingreso extra a los productores que los venden. Sólo el 4% mencionó que los adquiere en Jalisco, lo cual genera un incremento en la inversión debido al traslado desde ese estado.

En cuanto al precio actual de los hijuelos varía según su tamaño y condiciones. Los productores aluden que entre más pequeño y de menor calidad, el costo es bajo; los productores buscan los hijuelos con los mejores atributos antes de plantarlos. El precio mínimo fue de \$11.00 y máximo de \$18.00, con un promedio de \$14.71.

Para la compra del hijuelo, mencionan los productores, lo cual es corroborado con la literatura consultada, es imperioso ser selectivo principalmente para comprar aquellos que cumplan los criterios de calidad. Buscan que sean de tamaños apropiados, ya sea “lima” (de 8 a 10 cm), “naranja” (10 a 12 cm) o “toronja” (12 a 15 cm), pero siempre comprando del mismo tamaño para lograr plantaciones homogéneas. INIFAP (2012), recomienda hijuelos de plantaciones que tengan de 3 a 5

años con 1.5 a 3 Kg de peso, cuya planta madre sea sana y vigorosa. También deben de estar libres de plagas y enfermedades, de las cuales destacaron el anillo rojo, el cual está presente de manera común en varios hijuelos.

Algunos productores comentaron que los hijuelos comprados en el municipio vecino de García de la Cadena eran los más afectados por desnutrición o plagas, debido, entre otros factores, a que sus tierras tienen más tiempo siendo explotadas para la producción de agave azul. Los productores evitan llevar a Mezquital del Oro los que previamente muestren tener enfermedades, plagas o deficiencias nutrimentales para no contaminar sus predios o los de otros productores cercanos y tener la seguridad de que crecerán de la manera adecuada. Antes de plantarlo, se realiza una desinfección para asegurarse que se acaben algunas enfermedades o huevecillos de plagas, entre otros.

Referente a la frecuencia con la que se desinfectan los hijuelos antes de plantarlos, el 42% indicó que siempre realiza esta práctica. El 25% lo hace con habitualidad, otro 25% nunca desinfecta los esquejes y el 8% lo hace muy poco. El 66.7% comentaron que utilizan sólo agroquímicos para esta labor y el 8.3% utiliza por lo regular cal. INIFAP (2012), recomienda por lo menos tratarlos con mezclas de insecticidas, fungicidas y bactericidas (sulfato de cobre o sulfato de gentamicina al 0.6%).

Investigaciones de Romero (2021), demuestra que es necesario realizar un análisis previo de los hijuelos comerciales ya que los mismos pueden cargar con enfermedades como especies de Fusarium, y recomienda no sólo tratarlos, si no que se amplíe la investigación para evitar riesgos sanitarios en el manejo del hijuelo y también desarrollar estrategias biológicas y químicas para conseguirlo, ya que son pocos los trabajos que se centran en estos temas.

La plantación de hijuelos se realiza entre abril y junio antes del temporal (calendario agrícola en Anexo 1), para aprovechar cuando lleguen las lluvias. Esta actividad se realiza de forma manual apoyándose de herramientas como la pala, azadón y coa; con ello cada trabajador plantar alrededor de 400 en una jornada de 8 horas. La forma en que se diseña la plantación es similar para todos los productores encuestados y se realizan entre surcos con 2.50 a 3 m de separación y entre plantas de 1 m a 1.5 m, de

esta manera las hojas o pencas tienen libertad de crecer hasta ser cortadas durante la poda denominada “el barbeo”, de igual forma así las piñas consiguen tener su espacio y las raíces obtienen sus nutrientes del suelo de la manera más adecuada.

A final de la plantación, los encuestados mencionaron que colocan un promedio de 3393.75 hijuelos por hectárea. El productor que cuenta con un menor número de plantas por hectárea fue de 1500 y la máxima de 5000. Teniendo un coeficiente de variación de 21.6%, siendo bajo debido a la similitud de la forma en que se siembran los hijuelos entre los productores encuestados.

Los anteriores datos coinciden con las recomendaciones de Cota (2011) e INIFAP (2012), para el diseño de plantaciones, quienes recomiendan hacerlo entre surcos de 2.90 m a 3 m a una distancia entre plantas de 1.15 m a 1.50 m, generando así una densidad recomendable de 2,222 y 6, 250 plantas por hectárea, por lo cual en este sentido los productores se enmarcan en estas recomendaciones.

La mayoría de los productores encuestados, el 70.8%, manifestaron como óptimo realizar las plantaciones de agave en terrenos con pendientes, mientras que el 29.2% lo prefirió tener en predios planos. Cuando están en pendiente, los surcos están con orientación inversa y mencionan que lo hacen con el objetivo de evitar derrumbes y por ende minimizar la erosión del suelo, mejorar su fijación y aprovechar el agua de temporal y los agroquímicos aplicados. Es importante resaltar que solo cuatro productores (16.7%) trazan los surcos a curvas a nivel para evitar pérdidas de suelo y daños al mismo. El realizar las plantaciones con diseños que mantengan fijo el suelo es importante, porque según Moreno-Hernández et al. (2011), tenerlas evita la pérdida crítica de este y, para que sea efectivo el resguardo del suelo, las prácticas deben ser conjuntas.

El barbeo consiste en podar las hojas o pencas de agave para que haya espacio entre los surcos, de esta manera los jornaleros pueden acceder a ellas y aplicarles los herbicidas, insecticidas, fertilizantes y darles el mantenimiento que requieran. El motivo de que la siembra escalonada se realice junto a los agaves más jóvenes es que, de esta manera, las hojas no evitan la entrada de los rayos del sol debido al tamaño de las

pencas. El 58.3% de los productores realizan la poda cuando la planta tiene tres años, el 25% lo hace cuando tiene cuatro y el 16.7% de los encuestados todavía no hace esta labor porque sus plantas no llevan tanto tiempo y no han crecido lo suficiente. El 58.33% de los productores poda en los meses cálidos, entre marzo y junio, y el 25% lo realiza en meses fríos, de noviembre a enero. Asimismo, las hojas que se cortan se dejan sobre el predio como aporte de materia orgánica.

5.2.2 Control de Plagas y enfermedades

En la actualidad, los agroecosistemas de agave azul del municipio de Mezquital del Oro son afectados, en menor o mayor medida, por plagas y enfermedades. Los productores mencionan que estas se presentan cuando la planta tiene alrededor de tres años, antes de eso ocurre la enfermedad conocida como anillo rojo. Después de este tiempo, inciden diversas plagas y enfermedades principalmente en las temporadas de lluvia, entre junio y septiembre, aunque algunas enfermedades como el anillo rojo se puede presentar todo el año.

Los Cuadros 3 y 4 muestran las plagas y enfermedades, que los encuestados mencionaron, así como el porcentaje de daño en su predio y el total de afectados.

Cuadro 3. Afectación de plagas en el cultivo de agave azul.

Plagas	Daño de 3 a 5%	Daño de 5 a 10%	Daño de 10 a 15%	Daño de 15 a 20%	Porcentaje total de afectados
Gallina ciega (<i>Phyllophaga</i> spp.; <i>Cyclocephala</i> spp.)	12.5 %	29.2%	16.7%	0%	58.4%
Gusano del agave (<i>Aegiale hesperiaris</i> W.)	8.3%	16.7%	0%	0%	25%
Escarabajo rinoceronte (<i>Strategus aloeus</i> .)	12.5 %	25.0%	8.3%	16.7%	62.5%
Picudo del agave (<i>Scyphophorus acupunctatus</i>) (Gyllenhal)	16.7 %	20.8%	12.5%	0%	50%
Piojo harinoso (<i>Pseudococcus</i> sp.) (Townsend & Cockerell)	25.0 %	0%	8.3%	0%	33.3%
Escama armada (<i>Acutaspis agavis</i>)	12.5 %	16.7%	0%	0%	29.2%
Barrenador de Pencas de agave (<i>Agathymus rethon</i>) (Dyar, 1913)	4.2%	20.8%	4.2%	0%	29.2%
Chapulines	12.5 %	16.7%	4.2%	0%	33.4%
Otro (s)	4.2%	4.2%	0%	0%	8.4%

Fuente: trabajo de campo 2022.

Las plagas que más afectan al cultivo de agave azul en Mezquital del Oro son el escarabajo rinoceronte (*S. aloeus*) mencionado por el 62.5%, la gallina ciega

(*Phyllophaga spp.*; *Cyclocephala spp.*) por 58.4% y el picudo del agave (*S. acupunctatus*) por el 50%. Asimismo, el escarabajo rinoceronte afecta a un 16.7% de los productores, un 15 a 20% de sus parcelas, y la gallina ciega ataca a 16.7% de productores dentro de un 10 a 15% de la plantación.

Cuadro 4. Afectación de enfermedades en el cultivo del agave azul.

Enfermedades	Daño de 3 a 5%	Daño de 5 a 10%	Daño de 10 a 15%	Daño de 15 a 20%	Porcentaje total de afectados
Anillo rojo	8.3%	41.7%	29.2%	0%	79.2%
Mancha gris o tizón foliar (<i>Cercospora sp.</i>)	12.5%	4.2%	4.2%	0%	20.9%
Mancha anular (<i>Didymosphaeria sp.</i>)	25%	12.5%	0%	0%	37.5%
Pudrición del cogollo (<i>Erwinia grupo carotovora</i>)	33.3%	12.5%	4.2%	0%	50%
Marchitez o Sida (<i>Fusarium spp.</i>)	12.5%	12.5%	12.5%	0%	37.5%

Fuente: trabajo de campo 2022.

Las enfermedades causantes de mayor afectación en orden de importancia son: el anillo rojo con 79.2% de presencia, afectando al 29.2% de los productores en un 10 a 15% de sus plantaciones y al 41.7% en un 5 a 10% del cultivo; le sigue la pudrición del cogollo (*Erwinia grupo carotovora*) con 50% de presencia, pero teniendo poca repercusión en las parcelas, afectando 3 a 5% de plantas a un 33.3% de los productores. La marchitez o también conocida como el sida de agave por los productores (*Fusarium spp.*) se presenta en el 37.5% de los productores, afectando al

12.5% de ellos en 10 a 15% de sus parcelas. La mancha anular (*Didymosphaeria sp.*) fue mencionada por el 37.5% de productores, y afecta del 3 a 5% de la plantación a un 25% de los productores.

Los datos sobre plagas y enfermedades que se obtuvieron coinciden con Pérez (2011), INIFAP (2012) y SENASICA (2015), donde los autores refieren las principales que afectan el cultivo de agave azul principalmente en municipios de Jalisco, y con esto podemos inferir que estas mismas también afectan, en menor o mayor medida, a productores del municipio y posiblemente a los cultivos del sur de Zacatecas que colindan o están cerca con el estado vecino de Jalisco.

5.2.3 Uso de herbicidas

Los productores utilizan de forma frecuente herbicidas para controlar las malezas en sus plantaciones. Estos agroquímicos son aplicados en la temporada de lluvias (de junio a septiembre, ver calendario agrícola en Anexo 1). Su aplicación es utilizando bombas manuales. La Figura 10 muestra el porcentaje de los más utilizados.

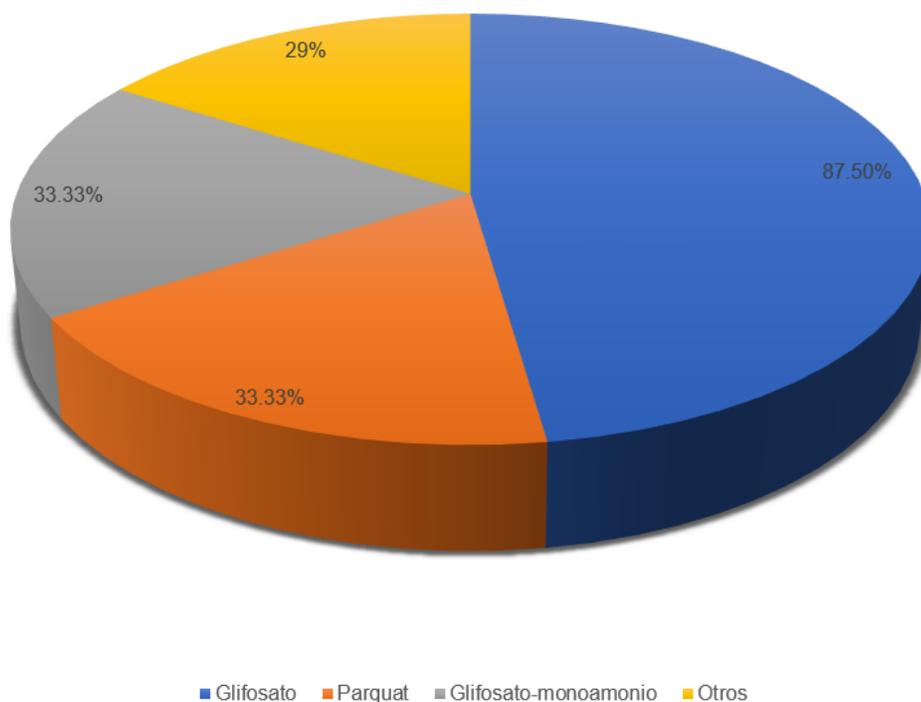


Figura 10. Herbicidas utilizados en el cultivo de agave azul.

Fuente: trabajo de campo 2022.

El herbicida de uso común por los productores es el glifosato, presente en el 87.50% de las plantaciones. Este agroquímico es una sal isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina, con un peso molecular de 228,18 g/mol, el cual es un herbicida no selectivo, sistémico de acción foliar, es decir, que ingresa a la planta a través de las hojas para después migrar a otras partes del tejido vegetal para ser metabolizado (López y Madrid, 2011). En 2015 la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC por sus siglas en inglés) analizó la carcinogenicidad del glifosato, reclasificándolo como “probablemente cancerígeno para los seres humanos” (Grupo 2^a); de acuerdo con el sistema de clasificación de peligros por exposición aguda establecida en la NOM-232-SSA1-2009, Plaguicidas. La COFEPRIS parte del principio de que la Salud de la población debe ser protegida y que la exposición al glifosato es un evento que debe minimizarse, con lo que se garantizarán mejoras en la salud y calidad de vida de los trabajadores agrícolas y población nacional (COFEPRIS, 2020).

Por otra parte, el paraquat es utilizado por el 33.33% de los productores, principalmente a través de la marca Gramoxone®. Es un herbicida de tipo bipyridílico que actúa por contacto. Viene en forma líquida en concentraciones del 20% para su uso en la agricultura. Su fórmula química es el 1-1'-dimetil-4-4'-bipyridilo. La intoxicación causada por el paraquat tiene una alta tasa de mortalidad. Los casos graves de intoxicación se caracterizan por afectar varios órganos, especialmente los pulmones, los riñones y el hígado. Según la Clasificación Recomendada de Plaguicidas de la OMS en términos de riesgos, el paraquat se clasifica como "Moderadamente peligroso, clase II". La dosis letal mínima estimada para los seres humanos es de 10-15 ml del producto concentrado (Viales-López, 2014).

De igual forma con un 33.33% de uso por parte de los productores está el Glifosato-monoamonio, principalmente con la marca comercial Faena®. Este es un herbicida sistémico, no selectivo que pertenece al grupo químico de los organofosforados, y sirve para el control post emergente de malezas gramíneas, ciperáceas y de hoja ancha. Es una sal monoamónica de N-(fosfonometil) glicina que es ligeramente tóxica para el humano (Arysta-LifeScience, n.d.).

El 29.17% de los productores utiliza otros tipos de herbicidas, principalmente atrazina (Gesaprim®), 200Tiametoxam+100Clorantraniliprole (Durivo®), 2,4-D (Hierbamina®), 125 Fluazifop-P-Butil (Fusilade Biw®), Saflufenacil (Heat®) y Bromacil. Cabe mencionar que el 70.83% de los productores utiliza más de un herbicida en sus predios.

También se les preguntó a los productores sobre el nivel de aplicación de estos agroquímicos, en la Figura 11 se presentan los cuatro niveles identificados.

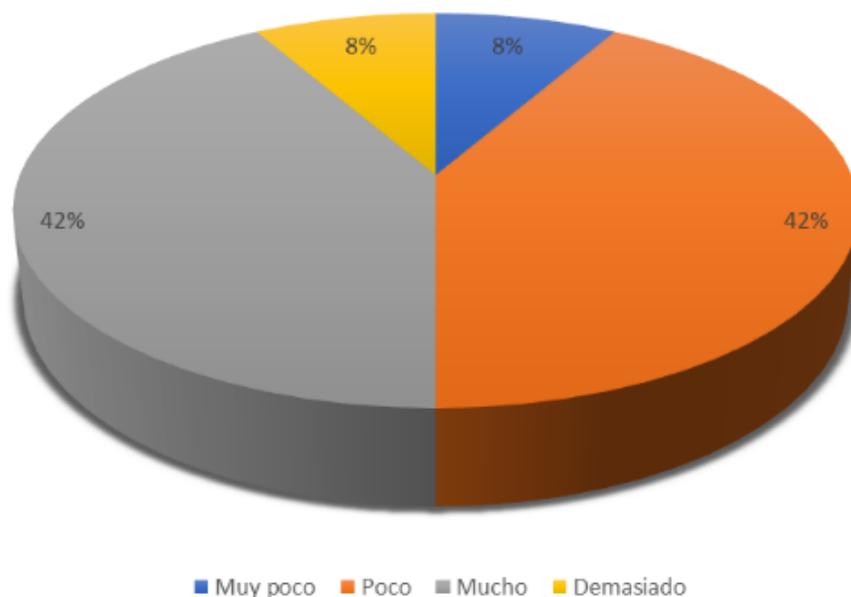


Figura 11. Nivel de aplicación de herbicidas en el cultivo de agave.

Fuente: trabajo de campo 2022.

Colocando las respuestas en la fórmula de sensibilidad ecológica, el uso de los herbicidas químicos es del 70% de intensidad.

De los productores encuestados sólo uno mencionó que utiliza un herbicida orgánico, en este caso el Sec Natural de Agroplanet México. Su compuesto es aceite de conífera al 40%, extracto de *Datura stramonium L.* al 10%, extracto plantas alelopáticas al 42%, metabolitos de *Puccinia ssp.* al 2% y aceite de coco no hidrogenado al 6%. Su ficha técnica indica que es un producto no selectivo que sirve para todo tipo de malezas, hoja angosta, hoja ancha, arbustos y musgos, eliminando

malas hierbas anuales y perennes. Sin embargo, este productor alterna con un porcentaje menor de glifosato.

5.2.4 Uso de insecticidas

El control de plagas del agave azul se hace a través de la aplicación de insecticidas químicos. La incidencia de plagas se presenta desde los esquejes recién plantados o incluso agaves de hasta dos años son los chapulines. Los otros grupos de insectos dañinos aparecen cuando la planta tiene cierta madurez, entre los dos y tres años. El 87.5% mencionó aplicar insecticidas y 25% utiliza más de un producto para combatirlas.

El 75% del insecticida utilizado es el malatión y el cual es un insecticida organofosforado, que está compuesto de dietil (dimetoxifosfinotioiltio) succinato (equivalente a 1000 g de i.a./L a 20 °C) al 84% e ingredientes inertes al 16% (Dragón, 2022). Cabe indicar que este insecticida figura en la lista de sustancias peligrosas (*Hazardous Substance List*) ya que está reglamentado por la OSHA y ha sido citado por la ACGIH, el DOT, el NIOSH, el DEP, la IARC, el IRIS y la EPA (NJDARM, 2004). Generalmente, deben pasar por lo menos 12 horas entre la aplicación y la entrada al terreno (ATSDR, 2003).

Existen varios riesgos asociados al malatión en seres humanos. Puede afectar a las personas al ser inhalado o absorberse a través de la piel. La exposición crónica al malatión puede presentar un riesgo mutagénico, por lo que debe manejarse con extrema precaución. El contacto con los ojos puede provocar irritación. La exposición al malatión puede resultar en una intoxicación rápida y mortal, manifestada mediante síntomas como dolor de cabeza, sudoración, náuseas, vómitos, diarrea, pérdida de coordinación y, en casos extremos, la muerte. La exposición prolongada o repetida al malatión puede ocasionar daño en los nervios, lo que se traduce en debilidad, hormigueo y falta de coordinación en los movimientos de brazos y piernas. Además, la exposición repetida puede dar lugar a cambios en la personalidad, como depresión, ansiedad e irritabilidad (NJDARM, 2004).

En ATSDR (2003), se indica que el malatión tiene una duración prolongada en el medio ambiente, pudiendo permanecer durante días o incluso meses. Sin embargo, generalmente se descompone en otras sustancias químicas en cuestión de semanas debido a la acción del agua, la radiación solar y las bacterias presentes en el suelo y el agua. Por lo tanto, es poco probable que el malatión se filtre en cantidades significativas hacia las aguas subterráneas. En cuanto al aire, el malatión se degrada y se transforma en una sustancia más tóxica llamada malaoxón al reaccionar con otros compuestos que se forman de manera natural en la atmósfera debido a la exposición a la luz solar.

Los otros insecticidas usados en menor medida y que en conjunto representan el 37.5%, son: cipermetrina, permetrina, monocrotofós, imidacloprid, dimetoato, carbofurano. De estos, la permetrina fue mencionada por dos productores (8.33%), el resto fue mencionado cada insecticida por un productor. La cipermetrina es un insecticida de origen sistémico que tiene acción neurotóxica y pertenece al grupo de los piretroides cianoactivos que afectan a la salud humana, su exposición puede causar signos de intoxicación como hipersensibilidad, salivación profusa, coreoatetosis o contracciones involuntarias, temblor y parálisis; además afecta organismos como peces, anfibios, algunos artrópodos y en menor medida aves y mamíferos (Triana-Velásquez et al., 2017).

La permetrina es moderadamente peligrosa según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y ligeramente tóxico según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). En relación a la toxicidad por exposición directa, se caracteriza por su capacidad de causar irritación, aunque de forma leve en la piel y los ojos, y una moderada capacidad alergénica. En cuanto a las toxicidades crónicas y a largo plazo, se han observado efectos neurotóxicos de nivel 4 (axonopatía), alteraciones endocrinas de categoría 2, anomalías cromosómicas y posibles vínculos con la enfermedad de Parkinson. Otros efectos crónicos incluyen la depresión del sistema inmunológico y el daño a los nervios del hígado. Es importante destacar que esta sustancia es perjudicial tanto por inhalación como por ingestión (UNA, 2022b). Los monocrotofós presentan toxicidad aguda debido al síndrome tóxico asociado a la inhibición de la colinesterasa.

En cuanto a su toxicidad tóxica, muestran capacidad para irritar los ojos de forma moderada y la piel de manera leve. Se inhala puede causar espasmos musculares, contracción de las pupilas, calambres musculares, excesiva salivación, vértigo, dificultad respiratoria, pérdida del conocimiento, así como retardo en el crecimiento del feto, aberraciones cromosómicas, neuropatía retardada, pérdida de la sensibilidad superficial y profunda, pérdida de los reflejos de rodillas y tobillos y psicosis (SIFATEC, 2020; UNA, 2022^a).

El nivel de aplicación de insecticidas se presenta en la Figura 12.

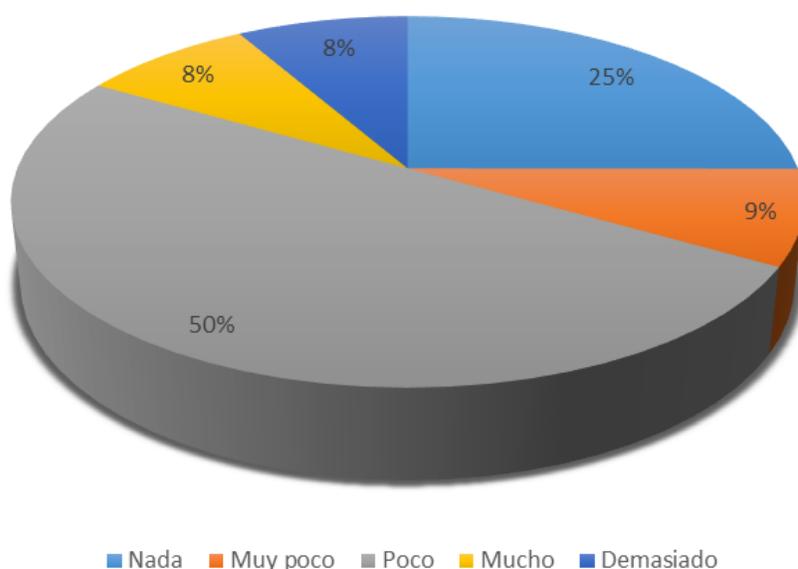


Figura 12. Nivel de aplicación de insecticidas en agave azul.

Fuente: trabajo de campo 2022.

Las respuestas de los productores en la fórmula de sensibilidad ecológica, indica que el uso de los herbicidas químicos es de 53.4% de intensidad, lo cual está un poco más de la mitad del máximo de uso.

Además de utilizar los insecticidas mencionados, de todos los entrevistados, cinco indicaron que apenas están utilizando, con frecuencia variable, un insecticida biológico derivado del ajo, lo cual corresponde, usando la fórmula de SE, a un bajo uso con el 26.6%.

5.2.5 Uso de fungicidas y bactericidas

Otros químicos utilizados son los fungicidas y bactericidas, al respecto seis productores (25%) utilizan fungicidas y otros seis (25%) bactericidas. En cuanto a los primeros, el 16.7% mencionó que lo utilizan poco y el 8.3% demasiado. El bactericida, consideraron el 8.3% de los productores, es utilizado en similares proporciones (8.3%), desde muy poco, poco y mucho.

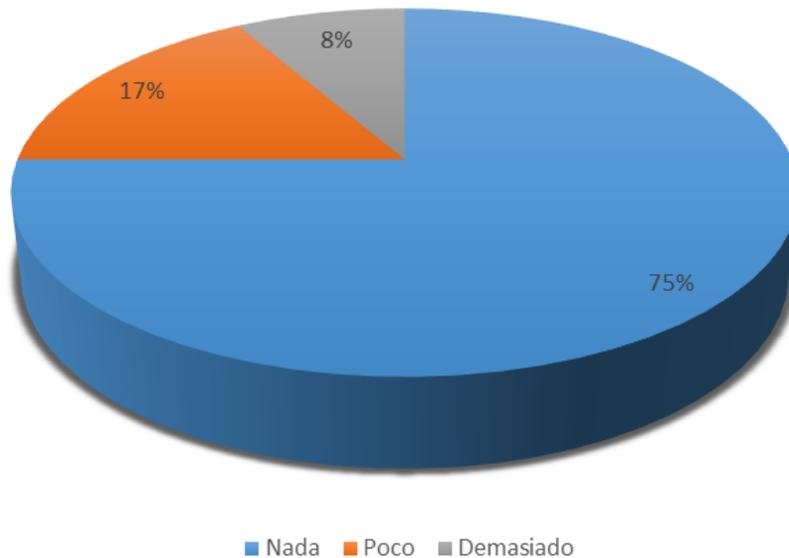


Figura 13. Nivel de aplicación de fungicidas en el cultivo de agave azul.

Fuente: trabajo de campo 2022.

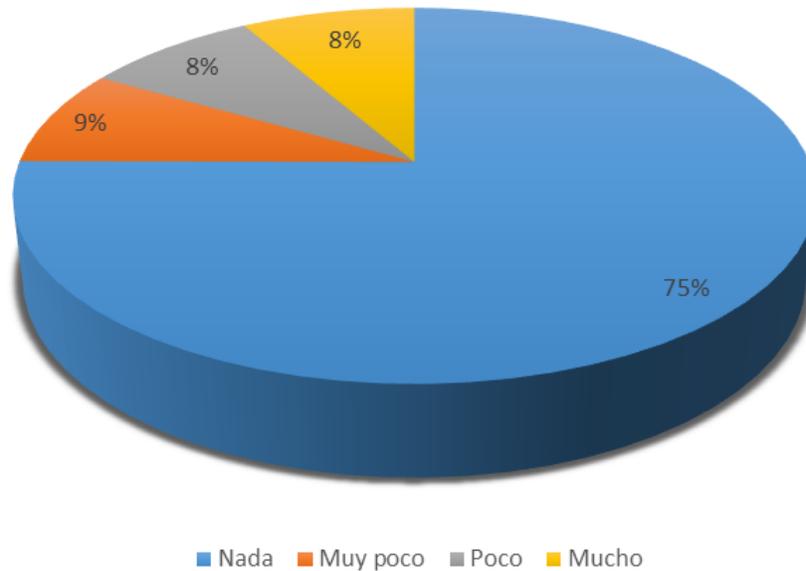


Figura 14. Nivel de aplicación de bactericidas en el cultivo de agave azul.

Fuente: trabajo de campo 2022.

Todos los productores que usan fungicidas utilizan más de uno para esta labor, y los principales productos son Benomilo (Bencimidazol sistémico de absorción radical y foliar); Intermicín (Estreptomina 18.75% y Oxitetraciclina 2%), este antibiótico sistémico también es útil como bactericida. El Carbendazim (Bencimidazol), el cual es un químico sistémico de acción rápida, con actividad fungicida preventiva y curativa sobre enfermedades producidas por hongos endoparásitos y ectoparásitos.

Los bactericidas utilizados son también el Intermicín (Estreptomina 18.75% y Oxitetraciclina 2%), y la Terramicina agrícola (clorhidrato de oxitetraciclina al 6.66%), el cual es un antibiótico agrícola específico para el control de fitoplasmas, con efecto bacteriostático; asimismo, ningún productor mencionó utilizar bactericidas y fungicidas orgánicos.

Al utilizar la fórmula de SE para medir la intensidad de uso de ambos agroquímicos, fue un valor de 33.4% del fungicida y 30% del bactericida, ambos porcentajes de intensidad baja.

5.2.6 Uso de la fertilización en el cultivo de agave azul

Los productores utilizan en su mayoría fertilizantes químicos con el objetivo de aportar nutrientes, lo cual se hace principalmente entre los meses de julio hasta septiembre, que es cuando se presentan las lluvias (calendario agrícola en Anexo 1). Lo aplican de manera foliar con aspersores manuales. Del total de los agricultores, sólo uno aseguró que no los usa, mientras que el resto sí lo hace, de ellos el 46% combina más de uno. La Figura 15 muestra el porcentaje de los más utilizados.

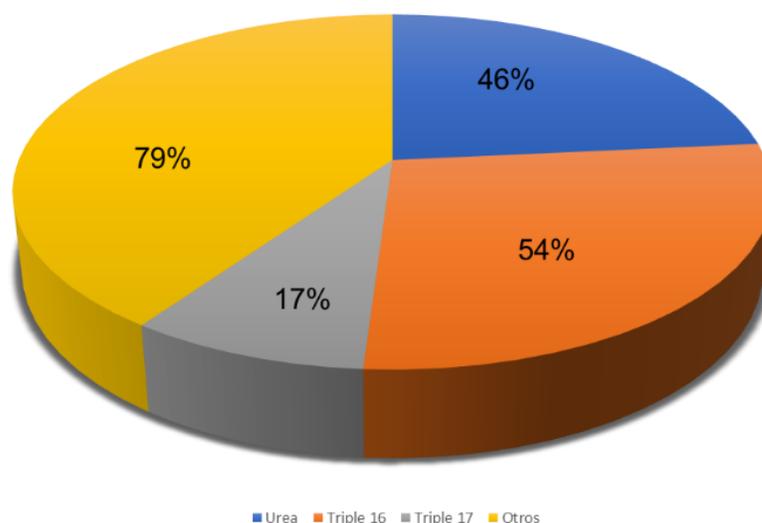


Figura 15. Fertilizantes utilizados en el cultivo de agave azul.

Fuente: trabajo de campo 2022.

El fertilizante más utilizado es el Triple 16, aplicado por el 54% de los productores. Este tiene un balance químico de los tres macronutrientes primarios: 16% de nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y, potasio (K_2O). Le sigue la urea, $CO(NH_2)_2$, la cual es un abono químico que contiene 46% de nitrógeno uréico. El siguiente es el Triple 17, que es una fórmula balanceada especial y con un alto contenido de nutrientes secundarios y tiene disponible 51 unidades de nutrientes de NPK de diferentes fuentes; además de estos, contiene tanto óxido de calcio (CaO) al 26% como de magnesio (MgO) al 12% (Fao, 2002).

Otros fertilizantes utilizados por sus respectivos porcentajes de uso, son: un 8% utiliza 18-46 (N al 18% y P_2O_5 al 46%) y otro el sulfato de cobre ($CuSO_{4.5}H_2O$). Un 4% aplica amoniaco (N al 21%, S al 24%), el mismo porcentaje de agricultores utiliza el Lapifol 20-30-10 (N al 20%, P_2O_5 al 30%, K_2O al 10%, y otros micronutrientes), al igual que el sulfato de amonio (N al 18% y 46% de pentóxido de fósforo) y triple 18 (NO_3 al 55%, NH_4 al 45%, P_2O_5 al 18% y K_2O al 18%, además de micronutrientes) (Fao, 2002).

Al cuestionar a los agaveros productores a la intensidad de uso de tales productos químicos, el 8% mencionaron que no los utilizan, el 75% en poca cantidad y el 17% acepta usar mucha cantidad del producto.

Las respuestas sobre el uso de fertilizantes químicos en la fórmula de SE, ese obtiene un valor del 60%, lo cual está más alto de la media.

En cuanto a los fertilizantes orgánicos, sólo seis agricultores (25%) los utilizan, de ellos cinco (20.8%) mencionaron que es poca la cantidad que aplican y uno los usa mucho; así mismo, otros cuatro utilizan guano y algas, que son de los más usados, aunque también llegan a aplicar estiércol, ácidos húmicos, lombricomposta y composta.

Al respecto, los productores, indican que la utilización el uso de fertilizantes orgánicos es costoso, sin embargo, algunos otros están interesados en usarlos. Respecto al estiércol vacuno, indican que no es recomendado aplicarlo ya que consideran que se crean condiciones propicias para el desarrollo de la gallina ciega. De igual forma, se detectó desconocimiento de algunos agricultores sobre los abonos orgánicos, ya que tres productores (12.5%) desconocían que la lombricomposta es un producto orgánico, y lo catalogaban como agroquímico.

5.2.7 Jima del agave azul

La jima es la labor de cosechar las piñas del agave azul; se deben cortar las hojas al ras de la base para dejar libre el corazón de la planta. Esta actividad puede ser llevada a cabo por los mismos agricultores con herramientas manuales como la coa y machetes, o por gente externa que han adquirido el lote para llevarlas a otros lados y convertirlos en destilados, ya sea de tequila o mezcal.

En el municipio el Mezquital del Oro, dos productores (8.3%) mencionaron que han vendido piña a los municipios de García de la Cadena y Jalpa, donde el producto se procesa a mezcal. Por su parte, 15 productores (62.5%) han entregado o piensan que tendrán de nuevo compradores del estado de Jalisco, donde será procesado a tequila; los principales municipios de Jalisco que requieren producto de Mezquital del Oro son: Amatitlán, Tequila y El Arenal, el primero es de los más antiguos e importantes en las producciones de esta planta, y el segundo en la producción de destilado, y de igual forma como productor del cultivo (Valenzuela Zapata, 2006). Ocho productores (33.3%) no están seguros de poder vender su producción actual, de estos cinco (20.83%) tienen ocho años o menos cultivando y tres (12.5%) un poco más de 10.

La jima se lleva a cabo todo el año, y el precio de venta, que según los productores no ha cambiado mucho en los últimos cinco años, está tasado por los “coyotes”. El precio depende del contenido de azúcares, medido previamente por los interesados en comprar con un refractómetro a través de los grados Brix ($^{\circ}\text{Bx}$); de igual forma es muy importante la edad, entre más años tenga la producción, su valor es más alto.

Con base en esta información, se determina el precio por kilogramo y, una vez jimada la piña, se pesan para venderlas. El 8.3% de los productores mencionan que venden su cosecha cuando cumple los cuatro años, el 66.7% lo realiza a los cinco años, y el 25% lo hace a los seis. En promedio la piña se vende cuando tiene casi los cinco años. Datos referidos por el INIFAP (2012), indican que el agave azul debe ser cosechado al año de presentar su escape floral, el cual debe ser retirado, lo cual es el mejor indicador de madurez; esto sucede cuando la planta tiene entre siete y ocho años, edad cuando es preferible realizar la jima. Sin embargo, los agricultores encuestados no esperan a que sus cosechas tengan esta madurez, lo cual llega a perjudicar el suelo debido a su uso constante y, principalmente, la calidad del producto destilado puede llegar a ser inferior.

La comercialización de la piña es realizada por la práctica del “coyotaje”, dicho intermediarismo se da entre los productores y las tequileras por agentes económicos. Esto se debe a que Zacatecas no cuenta con la DOT, y no puede vender directamente al estado de Jalisco debido a que solo se pueden instalar plantas productoras de

tequila en los estados dentro de la DOT, la cual se encarga de proteger la producción tequilera. Rivas-Infante et al. (2018), mencionan que los intermediarios se apropian de gran parte del valor generado por unidad de producción, así que los productores de Mezquital del Oro no tienen muchas opciones para vender su producto, sin embargo, están conformes con este sistema de venta.

Los productores mencionaron que las principales mezcaleras cercanas al municipio, García de la Cadena o Jalpa, actualmente no tienen demanda de destilado, por ende, no lo producen y no adquieren más piña; asimismo, otros municipios del sur tienen suficiente agave para producir su destilado, por lo que no buscan comprar en los municipios vecinos. Es importante señalar que los productores refieren que no es redituable realizar la cadena de valor maguey-mezcal dentro del municipio, para ellos es mejor vender directamente al intermediario lo cual les puede dejar el doble de ganancias monetarias y para ellos no presenta trabajo una vez terminada su producción, ya que los intermediarios son los que cosechan la planta. Luego de esto, el productor tiene la opción de seguir produciendo o dejar descansar las tierras.

El Cuadro 5 muestra la información estadística sobre el peso de la piña. A los productores que aún no habían cosechado, se les preguntó cuál era el precio promedio que esperaban obtener, según sus experiencias. La mínima del peso fue de 12 Kg, la máxima de 40 Kg, obteniendo un promedio de 25.08 Kg. Las respuestas tuvieron un coeficiente de variación de 40.5%, lo cual puede ser un poco alto, esto se debe a las diferencias de los tamaños y pesos que ellos reportan. Mencionan que los resultados del peso de la piña están en función a diversos factores: además del factor climatológico, a la edad de cosecha, salud del suelo y el manejo que se le da al cultivo, el cual indudablemente tiene variaciones dependiendo del productor. Lo cual coincide con Moreno-Hernández et al. (2011), quien señala la importancia de las condiciones óptimas de cultivo para que las piñas de agave tengan el azúcar necesario para mayor calidad en los destilados, en este sentido los productores deben atender principalmente la edad de la cosecha, la salud del suelo y el manejo que le den, que son los factores que sí pueden controlar dentro de los agroecosistemas.

Cuadro 5. Peso (kg) de la piña indicada por productores de agave azul.

Mínimo	Máximo	Moda	Media	Mediana	Desv. Tip
12	40	40	25.08	22.5	10.151

Fuente: trabajo de campo 2022.

En cuanto al precio de la piña, como se mencionó anteriormente también depende de factores como: la edad de la planta, su nivel de azúcares y los intermediarios que utilizan la vista para aprobar las mejores piñas. El Cuadro 6 muestra la información estadística que dieron los agricultores sobre el precio que se les da a sus piñas, teniendo una media de \$16.88 por kilo. El coeficiente de variación fue de 10.2%, el cual es muy bajo; asimismo, el precio que se le da a las piñas suele ser muy uniforme, lo cual denota que dejando de lado su peso o tamaños, tienen condiciones similares; es decir, las piñas adquiridas en Mezquital del Oro tienen una calidad similar según los análisis de los intermediarios.

Cuadro 6. Precio (\$) de la piña indicada por productores de agave azul.

Mínimo	Máximo	Moda	Media	Mediana	Desv. Tip
14	20	18	16.88	17	1.727

Fuente: trabajo de campo 2022.

5.3. Evaluación de la sustentabilidad de agave azul en el municipio de Mezquital del Oro, Zacatecas

La valoración se realizó siguiendo los pasos que describen Masera et al. (1999), enumerados a continuación:

1) Objeto de la evaluación: se debe definir cuál es el objetivo que persigue el proyecto, en este caso fue: caracterizar el sistema de manejo que hacen los productores para evaluar el estado de la sustentabilidad del agroecosistema de agave azul en el lugar de estudio.

2) Identificación de los puntos críticos del sistema: son los aspectos o procesos que limitan o pueden llegar a fortalecer la capacidad del sistema para sostenerse en el tiempo, se trata de identificar aspectos que afectan positiva o negativamente a los atributos.

Los puntos críticos que, se consideraron, limitan o fortalecen la producción de agave azul entre los productores se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Puntos críticos del sistema de producción de agave azul.

Atributos	Puntos críticos
Productividad	Rendimientos menores a los esperados del producto final
Estabilidad, resiliencia, confiabilidad	Baja diversidad agropecuaria Sin garantías de venta de la piña de agave
Presión	Alto porcentaje de desmonte
Adaptabilidad	Alta dependencia a la aplicación de agroquímicos
Equidad	Bajo valor agregado al agave Venta a través de intermediarios
Autogestión	Falta de capacitaciones y asistencia técnica No hay interés de crear organizaciones

Fuente: trabajo de campo 2022.

Selección de los criterios de diagnóstico e indicadores: a través de esta ruta se generaron los indicadores estratégicos que serían necesarios para la evaluación. Los criterios muestran de manera general los atributos de la sustentabilidad y son un vínculo entre puntos críticos e indicadores, los cuales deben seleccionarse dependiendo el problema que se tenga debido a que describen procesos específicos o de control dentro de las dimensiones ambiental, económica y social.

El Cuadro 8 muestra los atributos seleccionados, sus criterios de diagnóstico, y los indicadores que serían útiles para tener elementos cualitativos y cuantitativos que

ayudaron a conocer el estado de sustentabilidad del sistema, además de la forma en la que se midieron y el ámbito dentro del cual se ubicaron. Se seleccionaron 15 indicadores: cuatro ambientales, cinco económicos y seis sociales.

Cuadro 8. Criterios de diagnóstico e indicadores de sustentabilidad del cultivo de agave azul.

Atributo	Criterio de diagnóstico	Indicadores	Método de medición	Área o dimensión
Productividad	Eficiencia.	Rendimientos.	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasa total (kg/ha). • Criterio de pérdida de producto al terminar el ciclo de cultivo 	Económica
	Eficiencia orgánica.	Aplicación de M. O.	Aplicación de M. O.	Ambiental
Estabilidad; resiliencia; confiabilidad	Diversificación agrícola del Sistema.	Índice de Diversificación Agropecuaria.	<ul style="list-style-type: none"> • Cultivos en el sistema • Cultivos en rotación • Especies de ganado que contribuyen en aportar materia orgánica. 	Ambiental
	Fragilidad del Sistema.	Incidencia de plagas, enfermedades y siniestros.	Frecuencia de incidencia de siniestros.	Ambiental
		Dificultad para comercialización.	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad para la comercializar. • Precio fluctuante de la piña. 	Económico

Atributo	Criterio de diagnóstico	Indicadores	Método de medición	Área o dimensión
Presión	Intensidad de uso de suelo.	Intensidad de uso de suelo.	<ul style="list-style-type: none"> • Deforestación. • Cambio de cultivo. • Presencia de degradación del suelo. • Uso de maquinaria pesada. • Prácticas para mejorar la calidad del suelo. 	Ambiental
Adaptabilidad	Capacidad de cambio e innovación.	Asimilación de innovaciones.	Opinión sobre el cambio de un sistema de producción convencional a un sistema agroecológico.	Social
	Participación familiar.	Participación familiar en las labores agrícolas.	Número de personas o miembros de la familia que contribuyen en las labores agrícolas del agave.	Social
	Riesgo de persistencia.	Relevo intergeneracional.	Número de productores con hijos que continuarán con actividades agaveras.	Social

Atributo	Criterio de diagnóstico	Indicadores	Método de medición	Área o dimensión
Equidad	Conocimiento del productor.	Índice de Conocimiento del Agroecosistema (ICA).	Experiencia del productor: a) Edad del productor. b) Años cultivando agave. c) Edad promedio del agavero. d) Promedio de años cultivando su propio agave.	Social
	Vulnerabilidad socio-económica	Actividades generadoras de ingresos.	Importancia del cultivo de agave para aportar ingresos. Importancia de otras actividades para el aporte de ingresos. Otros productos disponibles para la venta.	Económico
Autogestión	Autosuficiencia.	Grado de independencia externa.	<ul style="list-style-type: none"> • Gasto en insumos externos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Hijuelos ○ Agroquímicos ○ Agua ○ Cal ○ Productos orgánicos ○ Equipos y herramientas • Gasto en trabajadores. 	Económico

Atributo	Criterio de diagnóstico	Indicadores	Método de medición	Área o dimensión
	Fuentes y condiciones del financiamiento.	Independencia del capital para producir.	<ul style="list-style-type: none"> Productores que financian sus plantaciones. Instituciones de financiamiento. 	Económico
	Dependencia de asistencia técnica	Nivel de asistencia técnica	<ul style="list-style-type: none"> Productores que reciben asesoría técnica Fuente de asistencia técnica 	Social
	Dependencia de asistencia técnica	Nivel de asistencia técnica	<ul style="list-style-type: none"> Importancia de la asesoría técnica en el año agrícola 	Social
	Grado de autogestión del proceso productivo	Formas de organización de productores	<ul style="list-style-type: none"> Productores organizados Tipo de organizaciones Opinión sobre la organización para la producción y venta de piña de agave 	Social

A) Medición y monitoreo de los indicadores: una vez teniendo la información anterior se procedió a medir los indicadores propuestos.

B) A continuación, se detallarán los indicadores medidos agrupados por sus atributos:

C) Productividad:

Sarandón (2002), menciona que la productividad de un sistema es la cantidad de producción de biomasa medida en unidades de tiempo y área, por ello la más usada es el rendimiento de los cultivos. Para la evaluación de este atributo, se seleccionaron el

rendimiento de las producciones de agave azul y la aplicación de materia orgánica, como dos indicadores estratégicos de acuerdo con el criterio de eficiencia, teniendo a consideración las dimensiones ambiental y económica.

A-1) Rendimientos

El rendimiento es un indicador que proponen Maserá et al. (1999) el cual, mencionan, es el cálculo de rendimientos por cultivo. En el caso del rendimiento del agave azul, Herrera-Pérez et al. (2017), proponen obtenerlo multiplicando el número de plantas por hectárea por el peso promedio de la piña de agave, restando la pérdida anual promedio (Cuadro 9).

Cuadro 9. Rendimientos de la producción de agave azul.

Rendimientos de la producción de agave azul	
Superficie promedio (ha)	3393.75
Peso promedio de la piña cosechada (kg)	25.08
Rendimiento (t ha ⁻¹)	85.12
Pérdida promedio anual (t ha ⁻¹)	5.6
Rendimiento promedio (t ha ⁻¹)	79.52
Porcentaje de rendimiento	66.94%

Fuente: trabajo de campo 2022.

El Cuadro 9 muestra el número de hectáreas promedio utilizadas para las producciones de agave azul, el peso promedio de la piña una vez cosechada, por hectárea y la pérdida anual. Con esta información se obtuvo un rendimiento promedio, el cual fue de 79.52 (t ha⁻¹); aplicando el óptimo de referencia se consiguió un rendimiento de referencia el cual fue de 93.72 (t ha⁻¹), el óptimo en este caso debería ser de 140 (t ha⁻¹), por ello la producción de rendimiento sobre el óptimo es de 66.94%, esto quiere decir que los rendimientos están 16.94% arriba de la mitad del óptimo, lo cual se consideró como aceptable.

Como se ha mencionado, diversos factores pueden estar involucrados, tales como el hecho de que los productores cosechan o jiman cuando sus agaves cumplen apenas

los 5 años; sin embargo, hay quienes lo hacen a los cuatro, edad en la cual les falta por lo menos dos años de maduración. Asimismo, el óptimo está basado en producciones de Jalisco donde se cosecha más cerca de la maduración aceptable para la jima, que es de entre seis a siete años (INIFAP, 2012). Moreno-Hernández et al. (2011), señalan que el peso de la piña depende del clima, la calidad de los suelos y su manejo técnico. Estos datos dan pauta para determinar el rendimiento máximo que se puede obtener en la región de estudio y tener, con ello, un referente regional. Los productores del municipio, más que buscar una producción óptima, están atentos a las exigencias del mercado para vender sus piñas cuando sean requeridas por externos y, de esta manera, obtener ingresos y seguir cultivando de ser posible.

A-2) Aplicación de Materia Orgánica (M.O.)

Cuadro 10. Porcentaje de aplicación de materia orgánica, indicada por productores de agave azul.

Opciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Evaluación
Hojas de agave	1	5	3.33	1.404	Mucho
Estiércol	1	3	1.38	.770	Muy poco
Composta	1	3	1.08	.408	Muy poco
Lombricomposta	1	3	1.17	.565	Muy poco
Bio preparados	1	3	1.08	.408	Muy poco
Otros (ajo, algas, guano y ácido húmico).	1	3	1.33	.761	Muy poco

Fuente: trabajo de campo 2022.

Los resultados indican que el porcentaje de aplicación de materia orgánica es muy baja, de 31.2%, lo cual se debe a que los productores del municipio solo incorporan las

hojas del agave cuando se realiza el barbeo y la jima; asimismo, es casi nula la aplicación de estiércoles o el uso de productos como lombricomposta o bioles, de los cuales los productores tienen escaso conocimiento de su uso. Lo anterior indica que la gestión de la fertilidad del suelo y la nutrición del agave puede ser un factor limitante para la producción, lo que implica su baja sustentabilidad. En este contexto, es necesario implementar estrategias de manera conjunta para la gestión de la fertilidad del suelo y nutrición del agave. Partiendo del estado de fertilidad del suelo, las necesidades nutrimentales del agave y la disponibilidad local de fuentes orgánicas, evitando en la medida de lo posible la adquisición de fuentes orgánicas externas. Para los cultivos de agave, Álvarez-Sánchez et al. (2010), registran que el rendimiento, la incidencia de plagas y enfermedades y un destilado de baja calidad se debe, además del clima donde se planta el agave, a la baja fertilidad de los suelos.

Es, por lo tanto, importante que los productores opten por buscar alternativas para aplicar materia orgánica en sus cultivos, ya que contiene elementos esenciales para las plantas como lo son el nitrógeno (N), fósforo (P), magnesio (Mg), calcio (Ca), azufre (S) y micronutrientes, además facilita los mecanismos de absorción de agroquímicos (Julca-Otiniano et al., 2006), y mejora las propiedades físicas del suelo, tales como la estructura, disminución de la densidad aparente, aumenta la porosidad, la aireación e infiltración y retención de agua, también reduce el escurrimiento superficial del agua, aumenta la estabilidad de agregados y evita la erosión (Trinidad-Santos, 2016).

D) Estabilidad, resiliencia y confiabilidad

Sarandón (2002), indica que la estabilidad es un atributo importante dentro de todo sistema, debido a que es la que les da la capacidad de resistir los cambios, y tiene una estrecha relación con la resiliencia, debido a que incorporan el factor tiempo; puede ser definida como la capacidad del sistema para absorber perturbaciones y después de eso seguir intacto en sus funciones; asimismo, su capacidad de renovarse y reorganizarse depende de las condiciones naturales, suelo agua y biodiversidad, así como en el conocimiento y la capacidad de seguir adquiriéndola, además de la gestión de los grupos humanos y de sus instituciones, considerándolos como sistemas socioecológicos por Balvanera et al. (2017). Por último, la confiabilidad es la capacidad

del sistema para mantener productividad o los beneficios buscados en un equilibrio cuando hay perturbaciones normales del ambiente (Maserá et al., 1999).

Para evaluar estos atributos, se seleccionaron: la diversificación productiva, la incidencia de plagas, enfermedades y siniestros, así como la dificultad para la comercialización, como los tres indicadores en los niveles ambientales y económicos.

B-1) Índice de Diversificación Agropecuaria (IDA)

Este índice fue propuesto por Herrera-Pérez et al. (2017), con la adecuación del índice de diversificación productiva de Moreno-Hernández et al. (2011), lo cuales proponen medir la información de la diversidad del agroecosistema; entre mayor sea el valor, es mayor la diversidad de productos o subproductos del sistema. Basado en los datos obtenidos de los encuestados, se calculó tanto el porcentual de los cultivos que acompañan al agave, como si se realiza rotación, asimismo, si están presentes otros tipos de plantas no cultivadas en las parcelas y si se hace pastoreo, así como la cantidad de ganado; lo anterior, con el fin de tener en cuenta otros medios a través de los cuales pueden obtener materia orgánica.

Para enfrentar la problemática del monocultivo en predios sembrados con agave azul, el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del estado de Guanajuato (2008), hace la recomendación de realizar policultivos que acompañen al agave, los cuales pueden ser la alfalfa, el centeno, el frijol, haba, lenteja, garbanzo, cacahuate y maíz de porte bajo, sin embargo, es preferible que sean sembrados de tal manera que los estratos vegetativos no interfieran unos con otros.

Los encuestados mencionaron que son pocos los cultivos que acompañan a los agaves en sus parcelas, siendo los mencionados el limón presente en un 12.5% de las parcelas, el maíz forrajero y otros cultivos (como calabaza, cacahuate, pepino), ambos presentes en 8.3% y el frijol en 4.2%, arrojando un promedio de 8.33% lo cual es bastante bajo, por lo tanto, podemos argumentar que se privilegia el monocultivo de agave. El porcentaje de quienes practican la rotación es de 41.65%, lo cual indica que sí es frecuente esta práctica en el municipio.

La biodiversidad local presente en el cultivo del agave azul está constituida por árboles con 37.5% de presencia, matas o subarbustos en 29.2%, pastos en 20.8%, arbustos y hierbas con un 8.3% cada uno. El resultado total de este análisis fue de un 20.82% lo cual es bajo. La poca presencia de biodiversidad es con la finalidad de evitar competencia con el agave. La práctica común es eliminar la vegetación manualmente o con herbicida; no obstante, hay productores que dejan plantas, mayormente son matas o subarbustos, árboles y pastos, aunque también hay hierbas. Finalmente, el pastoreo en el cultivo del agave azul sólo es utilizado por el 36.6% de los productores encuestados, con un nivel de utilización de 18.4%, por lo que el total de esta evaluación fue de 27.5%, ya que la mayoría no lo realizan y quienes lo hacen, sólo tienen pocos animales en sus parcelas.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, la diversificación agropecuaria es igual a 24.6%, lo cual se considera un porcentaje bajo. Se observa una tendencia hacia el monocultivo, y se eliminan las plantas que genere competencia con los agaves, limitándose a dejar pocas principalmente en los límites de sus parcelas. En este sentido, Moreno-Hernández et al. (2011), expresan que en los cultivos de agave desnudos puede haber una pérdida de suelos que se podría evitar a través de mantener la vegetación conjuntada y realizar el cultivo en curvas de nivel; así como también orientar los surcos en forma inversa a la pendiente. Altieri y Nicholls (2018) y Gerritsen et al. (2011), indican que la biodiversidad es uno de los principales componentes de los servicios ecosistémicos y su simplificación hace a los agroecosistemas más vulnerables al cambio climático, reduce la circulación de nutrientes e incrementa a la presencia de problemas fitosanitarios, incrementando así la implementación de agroquímicos. Aumentar la diversidad en los agroecosistemas generaría más estabilidad y capacidad para recuperarse después de la alteración y podría generar un apoyo económico ya que puede crear oportunidades para diversificar ingresos (Altieri y Nicholls, 2010; Escobar, 2000).

B-2) Incidencia de plagas, enfermedades y siniestros

Este indicador es el más representativo según el criterio de los productores, por los daños tan considerables que pueden causar a las plantaciones; su evaluación fue propuesta por Masera et al. (1999).

Las principales problemáticas fueron: 1) el 79.2% mencionaron la presencia de plagas, incidiendo en promedio en el 55% de los cultivos; 2) la desnutrición afectó al 75% con un nivel de daño del 47.4%; 3) enfermedades al 70.8%, quienes señalaron haber tenido algún patógeno con un nivel de afectación en el 48.4% de los agaves, 4) periodos de sequías al 62.6%, dañando el 48.4%; 5) los suelos infértiles perjudicaron al 50% en el 37.4%; 6) arvenses o malezas al 45.8% en el 39.2%; 7) inundaciones al 20.8% que impactó en el 30% de cultivos y 8) granizadas al 8.3% en un 21.6%.

En promedio la afectación de plagas, enfermedades y siniestros causó daños al 51.6% de los productores incidiendo en el 40.9% de los cultivos. El 48.4% en promedio no ha sido afectado, por lo que la sustentabilidad del indicador se considera media; esto se debe a que en los sistemas de agave de los productores encuestados las problemáticas se centran en plagas, enfermedades, sequía y la desnutrición.

Valenzuela-Zapata (2007), considera que los agricultores deben reflexionar sobre la importancia de las plagas y enfermedades que se dan, en estos sistemas, por la poca diversidad de cultivos; asimismo, la desnutrición, según Martínez-Palacios et al. (2015), puede ser afectada principalmente porque los productores no cuentan con la asesoría para aplicar los nutrientes que necesita la planta en la justa cantidad. Al respecto de un mejor manejo de plagas, Pérez-Domínguez y Rubio-Cortés (2007), describen las más significativas presentes en las diferentes partes del agave azul (raíz, piña y follaje) y señalan sus tipos de control que, además del químico, son el cultural, físico y biológico, dependiendo de la plaga; estas recomendaciones podrían ayudar a los productores no sólo a evitar daños, si no a aminorar costes de producción y minimizar la incidencia en el medio ambiente.

A través de la fórmula de SE, el porcentaje de las problemáticas del cultivo, fue de 38.6%, lo cual indica que en los sistemas de agave azul los productores consideran

que no hay problemáticas que los afecte severamente, siendo las principales las plagas y enfermedades, así como sequías y desnutrición. En este sentido, Valenzuela-Zapata (2007), considera que los agricultores deben reflexionar sobre la importancia de las plagas y enfermedades que se presenta en los cultivos de agave. La desnutrición, según Álvarez-Sánchez et al. (2010) y Martínez-Palacios et al. (2015), se da principalmente por el mal manejo en la nutrición del cultivo. Al respecto de un mejor manejo de plagas, Pérez-Domínguez y Rubio-Cortés (2007), describen las más significativas presentes en las diferentes partes del agave azul (raíz, piña y follaje) y señalan sus tipos de control, además del químico, como lo son el cultural, físico y biológico dependiendo de la plaga; estas recomendaciones podrían ayudar a los productores no sólo a evitar daños, si no a aminorar costes de producción y minimizar la incidencia en el medio ambiente.

B-3) Dificultad para comercialización

Este indicador fue propuesto por Márquez (2017), para evaluar la problemática que tienen los productores para conseguir vender sus cosechas, arrojando la media en la escala de evaluación de la dificultad para comercializar.

Cuadro 11. Dificultad para la comercialización.

Aspecto evaluado	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Evaluación De daño
Garantía de producción	1	5	2.29	1.628	Poco
Precio fluctuante de la piña	1	5	2.92	.974	Poco
Rentabilidad actual del cultivo	3	5	4.04	.550	Demasiado

Fuente: trabajo de campo 2022.

El 58.4% de los productores encuestados mencionó que el precio de la piña ha fluctuado en el pasado; sin embargo, el precio se ha mantenido estable durante los

últimos seis años, y creen que seguirá así por tres años más. El 45.8% mencionó que tiene garantizada la venta de su producción anual.

En cuanto a la rentabilidad del cultivo, el 80.8% dijo que sí tiene alta rentabilidad. Estos aspectos parecen contradecirse, ya que menos de la mitad de los encuestados expresó que tiene garantizada la venta de su producto y la mayoría menciona que creen que de cualquier forma se les venderá.

Los motivos principales por los cuales los agricultores prevén que se les venderá su cultivo sin dificultad, son los siguientes: el 79.2% explican que su garantía de venta se debe a la demanda actual del producto. El 12.5% además de eso indican que venderán no sólo porque se busca para la destilación, sino que hay una variedad de productos que se realizan con el agave azul. El 8.3% también adujo las ventas a la demanda, pero mencionaron que también se debe a que el tequila se exporta más que años pasados, lo cual hace que la demanda esté garantizada. Utilizando la fórmula de SE y las respuestas de los encuestados, se puede decir que el porcentaje de garantía de venta es alto, de 61.6%.

Sin embargo, el 38.4% cree que no tiene garantizada la venta y los principales motivos, incluye la falta de contratos (54.2%), debido a que no se pueden realizar a causa de que la DOT no está disponible en Zacatecas. Otros (12.5%) dicen que es a causa del precio fluctuante de la piña, que llega a estar muy baja como ha pasado en años anteriores, y recuerdan que no vendieron su producción hace 15 años debido a que el precio bajó a 0.40 centavos el kilogramo, por lo que tuvieron pérdidas totales. De igual forma, la venta de su producto no es llevada a cabo en el municipio o los adyacentes ya que no hay demanda de mezcal o se produce al mínimo, lo cual coincide con García y Macías (2010) y López-Nava et al. (2014), quienes aseguran que existe una mala infraestructura para la destilación en la región donde se encuentra el municipio de estudio, además de una mala administración de los procesos productivos de la cadena de agave azul en el sur de Zacatecas.

Esta problemática se extiende a otros estados, como lo es el caso de Michoacán, donde Álvarez-Ainza et al. (2017), registraron que sólo un mínimo de mezcaleras

conoce el proceso de producción, en el cual no se lleva un seguimiento de los factores que influyen en estas etapas y se desconocen, por ello, los rendimientos y la eficiencia de estos. Según SAGARPA (2016), se están implementando estrategias de desarrollo regional para impulsar la cadena productiva del agave-mezcal en la zona sur de Zacatecas. Es fundamental consolidar programas de siembra que se ajusten a la demanda del mercado y a la capacidad de la industria. Asimismo, se busca fomentar el uso de paquetes tecnológicos, mejorar los procesos de producción y aplicar estrategias de promoción para aumentar el consumo del mezcal.

E) Presión

Muriel (2006), al referirse a la gestión ambiental, indica que la interacción de la sociedad con la naturaleza, pueden llevarse a cabo por actividades productivas generando presión en el ambiente y sus recursos, esto lo lleva a un cambio de estado con respecto a la calidad, cantidad y disponibilidad.

El mismo autor refiere que un factor presión es el inicio de la cadena presión-estado-respuesta, el cual es un método para intervenir y/o solucionar problemas ambientales, de forma planificada. Bajo esta consideración se busca entender algunas cuestiones referentes a la presión social que se le da al suelo de las parcelas de los productores encuestados. Si bien sólo se evalúa la presión a través de un indicador ambiental, con esta contribución se comprenderá el cambio que ha tenido el suelo evaluado, dejando respuestas sobre qué cambios se podrían realizar en el sistema para mejorar el factor de la presión y solucionar problemas ambientales.

C-1) Intensidad de uso de suelo

Moreno-Hernández et al. (2011), expresan que este índice combina datos sobre la intensidad de uso del suelo. Se supone que a medida que aumenta la intensidad de uso, disminuye el nivel de sustentabilidad del agroecosistema debido a los límites naturales de productividad. Si se explota excesivamente con prácticas de manejo inapropiadas, se reduce la capacidad productiva del suelo. En el presente estudio se analizó el desmonte, cultivos anteriores al agave, erosión bajo el criterio de los productores, uso de maquinaria pesada, prácticas para evitar erosión y descanso de

tierras; asimismo, se utilizó la información sobre el uso de agroquímicos para valorar la presión o sensibilidad en el suelo.

Cuadro 12. Intensidad de uso de suelo.

Aspecto evaluado	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Evaluación
Erosión del suelo					
Nivel de erosión en el suelo	1	4	2.29	.955	Poco
Prácticas que perjudican al suelo					
Utilización de maquinaria pesada	1	3	1.33	.565	Muy poco
Desmonte	1	2	1.13	.338	Muy poco
Erosión * prácticas que perjudican al suelo					31.6%
Prácticas que favorecen al suelo					
Manejo manual de arvenses	1	5	3.67	1.239	Mucho
Descanso de tierras	1	5	2.71	1.367	Poco
Práctica escalonada	1	2	1.13	.338	Muy poco
Mantiene cobertura vegetal	0	1	.25	.442	Nada
Agave con orientación inverso	0	1	.71	.464	Nada
Curvas de nivel	0	1	.17	.381	Nada
Otra obra	0	1	.04	.204	Nada
Prácticas que favorecen el suelo					24.8%

Fuente: trabajo de campo 2022.

La fórmula de sensibilidad ecológica resultó con un valor de 31.6%, lo cual permite considerar que los suelos, en estos aspectos, aún no se ven afectados.

Por otra parte, para mejorar las condiciones de suelo se pueden usar prácticas que los auxilien; el Cuadro 12 muestra los niveles en que son usadas diversas prácticas; asimismo, al agregarlas al cálculo de sensibilidad de uso de suelo, resultó un valor de 75.2%, el cual es un porcentaje alto, que indica que es muy bajo el uso de la mayoría de prácticas agrícolas que ayudan al suelo, muchas de las cuales se pueden clasificar como agroecológicas; sin embargo, poco o nada las han adoptado para uso cotidiano en las labores agrícolas con el agave azul en la región de estudio.

Las principales prácticas que indicaron los productores para mejoramiento de suelo fueron: el manejo manual de arvenses con el 52.4%, el descanso de las tierras con 38.7% y la práctica escalonada por edades del agave con el 16.1%, el cual, según Herrera-Pérez (2017), es un término local para llamar las diversificaciones de las edades de las plantas de agave.

Los principales motivos por los cuales los agricultores dijeron que realizan el descanso de tierras son: nutrir la tierra (20.8%), evitar plagas y enfermedades, y regenerar el suelo con el 12.5% cada una. El 16.7% mencionó que no realiza el descanso debido que tiene que volver a producir sin perder tiempo; otros motivos expresados fueron: se realizará rotación con otro cultivo, produce para el ganado, depende de si encuentra otro sitio para cultivar, y dos agricultores (8.3%) señalaron que la tierra está lista para seguir produciendo sin necesidad del descanso.

Cuadro 13. Descanso de tierras.

Motivos	Frecuencia	Porcentaje
Dejan descansar tierras		
Para nutrir la tierra	5	20.8
Evitar plagas y enfermedades.	3	12.5
Regenerar el suelo	3	12.5
Otros motivos	4	16.7
No dejan descansar tierras		
Volver a producir	4	16.7
Otros motivos	5	20.8
Total	24	100.0

Fuente: trabajo de campo 2022.

Cuadro 14. Aplicación de agroquímicos en el cultivo de agave azul.

Aspecto evaluado	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Evaluación
Herbicida	2	5	3.50	.780	Mucho
Insecticida	1	5	2.67	1.204	Poco
Fungicida	1	5	1.67	1.274	Muy poco
Bactericida	1	4	1.50	.978	Muy poco
Fertilizante	1	4	3.00	.722	Mucho
					49.4%

Fuente: trabajo de campo 2022.

La aplicación de agroquímicos, a través de su medición con la fórmula de SE arrojó que hay un nivel alto de uso de agroquímicos un (49.4%). Los más ampliamente utilizados son los herbicidas (70%) e insecticidas (53.4%). Evaluados en conjunto, nos da un porcentaje de 61.7%. La intensidad de uso de suelo se calculó tomando el

promedio de las anteriores evaluaciones, y así comprender el daño que podría tener el suelo, resultando en 52.06%.

Con estos resultados se puede argumentar que los suelos de las parcelas de los productores encuestados presentan presión, siendo la principal problemática la falta de la adopción e implementación de prácticas que mejoren su calidad y manejo, así como la amplia aplicación de agroquímicos. Además, Palacios et al. (2015), señalan que las prácticas como el monocultivo y el retirar las hierbas que acompañan al agave causa erosión edáfica; estas labores pueden ser consideradas si los productores tuvieran asesoría y conocieran los beneficios de realizar cambios en su sistema de manejo; este aspecto se evaluó con mayor análisis en el indicador asimilación de innovaciones.

F) Adaptabilidad

Masera et al. (1999), indican que la adaptabilidad que también se puede conocer como flexibilidad dentro del sistema a evaluar es su capacidad para encontrar el equilibrio que tiene para producir o seguir brindando beneficios cuando suceden cambios a largo plazo en el ambiente; de igual forma, se consideran nuevas formas estratégicas de producción para mejorar la situación productiva del sistema. Para la evaluación de este atributo, en la presente investigación, se seleccionaron tres indicadores estratégicos de acuerdo con el criterio de adaptabilidad, teniendo a consideración la dimensión social; los cuales fueron: asimilación de innovaciones, participación familiar en las labores agrícolas y riesgo de relevo intergeneracional, mismos que se detallan a continuación.

D-1) Asimilación de innovaciones

Este indicador fue propuesto por Masera et al. (1999), para mostrar la disposición que tienen los encuestados al cambio o adopción de innovaciones tecnológicas. Al respecto, el 62.5% de los agricultores, si estarían dispuestos a incorporar innovaciones para producir sin agroquímicos, mientras que el resto (37.5%), no lo está.

Los productores mencionaron que se reduciría el uso de agroquímicos si se tienen tierras de mejor calidad y trabajándolas de manera más adecuada (12.5%), utilizando

productos orgánicos (12.5%) y sólo si se realiza una mayor inversión se podría lograr (8.3%). Aquellos que dijeron que no están dispuestos, mencionaron como sus principales motivos, que sus plantaciones ya requieren esos agroquímicos (29.2%) y no funcionarían sin ellos; asimismo que, si se les retiraran, los rendimientos serían más bajos (12.5%) y no serían competentes en el mercado.

El 20.8% de los agricultores encuestados mencionaron que están dispuestos a cambiar su sistema de agave azul para mejorar el medio ambiente y suelo. Sin embargo, el 16.7% dijeron que no lo hacen debido a la falta de asesorías y apoyos económicos, el 16.7% expresaron que su sistema requiere esta aplicación de agroquímicos y el 12.5% señala que, bajo su criterio, no funcionan los sistemas orgánicos. Sin embargo, algunos productores se han dado cuenta de los problemas que hay con lixiviaciones de agroquímicos que han contaminado y han disminuido la flora local, secando árboles como los sabinos, principalmente en laderas.

La evaluación sobre si creen que hay daño ambiental por parte de su sistema de manejo, y sobre si tienen la seguridad de poder cambiarlo, se evaluaron en conjunto dando un porcentaje total de 63.4%. La asimilación de innovaciones fue de 62.95%, considerando los aspectos de la disponibilidad de producir sin agroquímicos y la asimilación de innovaciones.

Es recomendado que previa plantación se realice un análisis de suelo para conocer su nivel de fertilidad, además de llevar a cabo prácticas de cultivo que eviten su degradación (Uvalle, Vélez y Ramírez, 2007). Además, estos mismos autores indican que, para la correcta fertilización en cultivos de agave azul, se deben considerar, junto con las condiciones del suelo, las necesidades de la planta dependiendo su edad y la tasa de crecimiento, y sugieren que la fertilización debe ser tanto eficiente como económica y sustentable; este tipo de tareas, como señalaron los productores, son llevadas a cabo por técnicos y especialistas de la planta a los cuales no han tenido acceso.

D-2) Participación familiar en las labores agrícolas

Herrera-Pérez (2017), en su evaluación consideró el número de miembros de la familia que participa en labores agrícolas en el agave azul.

Cuadro 15. Participación familiar en las labores agrícolas.

Evaluación	Respuestas	Porcentual
Ninguno	11	45.8%
Padre	1	4.2%
Madre	1	4.2%
Primo (a)	1	4.2%
Hijo (a)	6	25.0%
Otro (a)	10	41.7%
		15.86%

Fuente: trabajo de campo 2022.

Al respecto, en nuestro estudio, el 45.8% de los productores no recibe ayuda de ningún familiar (Cuadro 15), mientras que el resto (54.2%), sí lo recibe, principalmente por parte de sus hijos con una mención por parte del 25%. En el Cuadro 16 se indican los porcentajes en las actividades en las cuales los productores son apoyados; este nivel de ayuda se midió con el total porcentual de las tres actividades, ahí indicadas, el cual fue de 17.5%.

Cuadro 16. Nivel de apoyo familiar en las labores agrícolas del agave azul.

Nivel de apoyo	Plantación	Poda	Aplicación de agroquímicos
Sin ayuda	45.8%	66.6%	45.8%
Muy poco	0%	0%	4.2%
Poco	20.8%	16.7%	20.8%
Mucho	33.3%	16.7%	29.2%
TOTAL	17.76%	16.7%	18%

Fuente: trabajo de campo 2022.

La participación familiar en las labores agrícolas y el nivel de apoyo familiar en las labores agrícolas del agave azul se evaluaron en conjunto, para dar un total de 16.68%, por lo cual muy pocos de los agricultores encuestados son ayudados por sus familiares y quienes son apoyados sólo los son en actividades básicas (plantación, poda o barbeo y aplicación de agroquímicos). Sánchez-Soto (2016), subraya que las labores familiares que eran tradicionalmente repartidas, como el corte de hijuelos, aireación de la tierra y la siembra de otros cultivos, fueron desplazados por la necesidad tanto de mayor mano de obra como por técnicas novedosas o maquinarias. Pengue (2005), considera que un aspecto importante en la pequeña agricultura es la familia, porque es la base que sustenta la seguridad de las instancias productivas y ayuda a alcanzar la sustentabilidad en los niveles ecológico, social y económico, siendo un pilar para lograr un verdadero marco de desarrollo rural sostenible. En el municipio, la escasa participación de la familia es atribuida al bajo interés de los familiares por trabajar el campo o los cultivos de agave azul y, además, tienen otros intereses o actividades.

D-3) Relevamiento intergeneracional

Este indicador fue propuesto por Herrera-Pérez (2017). En la presente investigación, el 48.4% de los productores con hijas e hijos, consideran que continuarán con la producción de agave azul. El Cuadro 17 muestra los niveles de seguridad que, sobre el particular, tienen los agricultores.

Cuadro 17. Seguridad de relevo intergeneracional para mantener el cultivo del agave azul.

Nivel de seguridad	Frecuencia	Porcentaje
Nada	10	41.7
Muy poco	4	16.7
Poco	4	16.7
Mucho	2	8.3
Demasiado	4	16.7
Total	24	100

Fuente: trabajo de campo 2022.

Quienes mencionaron que tienen la seguridad de que sus descendientes no continuarán con la producción de agave azul indicaron varios motivos, tales como: no tienen interés (25%), están fuera del municipio (25%) y que están jóvenes o que están estudiando (16.7%). Por otro lado, aquellos que dijeron que sus hijas o hijos sí continuarán (25%) mencionaron que el principal motivo es que tienen interés en esta actividad productiva.

Es necesario reincorporar a los jóvenes a las actividades agrícolas en comunidades donde se desempeñen actividades productivas, hay razones para hacerlo, por ejemplo, Pollnow (2021), señala que los consumidores cada vez tienen más exigencias y la agricultura experimenta cambios tecnológicos, principalmente enfocados en transiciones agroecológicas y por el cambio climático; si bien, en el municipio se utilizan tecnologías asociadas al modelo convencional, los jóvenes que se interesen en el agave azul podrían estudiar la forma en encaminar el cultivo hacia una tecnología acorde al cuidado ecológico, además de la mejora productiva.

G) Equidad

Masera et al. (1999), indican que esta es una característica se refiere a la capacidad del sistema para mantener un equilibrio dinámico estable, lo que implica mantener los beneficios en un nivel constante a lo largo del tiempo en condiciones normales o promedio. Para este estudio en particular, se seleccionaron dos indicadores estratégicos para evaluar este atributo, basados en el criterio de equidad. Estos

indicadores son el índice de conocimiento del agroecosistema y las actividades generadoras de ingresos, teniendo en cuenta las dimensiones social y económica.

E-1) Índice de Conocimiento del Agroecosistema (ICA)

Moreno-Hernández et al. (2011), propone este criterio, el cual expresa la experiencia del productor. El Cuadro 18 muestra las dos variables de interés: edad promedio del productor y número de años cultivando su propio agave.

Cuadro 18. Edad de los productores de agave y años cultivándolo.

Edad	Años cultivando
Primer grupo	
68	30
55	25
47	25
52	20
71	15
56	15
50	15
38	12
56	10
50	10
47	10
37	10
EA1= 52.25	ACP1= 16.42
Segundo grupo	
60	8
56	8
45	8
43	7
35	7
52	5
46	4

Edad	Años cultivando
67	3
52	2
24	2
58	1
36	1
EA2 = 47.83	ACP2 = 4.67

Fuente: trabajo de campo 2022.

Sustitución de la fórmula del primer grupo: ICA1 = 71.25%

Sustitución de la fórmula del segundo grupo: ICA2 = 73.22%

Suma de los dos grupos, ICA total:

$$\text{ICA total} = (\text{ICA1} + \text{ICA2}) / 2 = (71.25 + 73.22) / 2 = 72.24\%$$

Según el ICA, el nivel de los productores es de 72.24%, lo cual indica que los agricultores han adquirido un conocimiento más alto que el medio en el manejo del agroecosistema de agave azul, quizá debido al auge de productores de esta planta, ya que el 50% de los productores tiene menos de 8 años produciendo (Cuadro 19), y otros nuevos productores se quieren incorporar. Lo cual, dicho bajo sus palabras, “lo hacemos por que la producción de agave azul, por el momento, es monetariamente viable”. Sin embargo, es posible que se enfrenten a la problemática sobre la fluctuación del precio de la piña, lo cual acarrea la pérdida de producciones por no haber compradores.

La experiencia para trabajar en los agroecosistemas de agave ha favorecido e incrementado el conocimiento sobre su cultivo. Moreno-Hernández et al. (2011), consideran que la experiencia del trabajo en agroecosistemas de agave azul favorece el conocimiento necesario para su manejo, sin embargo, el mismo sigue utilizando el manejo convencional.

E-2) Actividades generadoras de ingresos

Este indicador, el cual es una adecuación de Masera et al. (1999), analiza el número de actividades generadoras de ingresos que pudieran ayudar a recuperar la inversión anual de los productores.

Se encontraron sólo tres actividades extras a la producción de agave azul, la cuales fueron: venta de hijuelos mencionada por un 20.14%, venta de cultivos que acompañan al agave por el 14.42% y venta de residuos por el 4.08%. Los productores mencionan que no son actividades que ellos busquen incentivar o mejorar, sino son productos con excedentes y que les suministra algo de provecho monetario.

Realizar la diversificación de actividades económicas es una estrategia para tener fuentes de ingresos adicionales y puede contribuir a la seguridad alimentaria (ACF, 2009), por lo cual es recomendable que los productores que solo dependen del agave realicen actividades asociadas a la producción de agave, que permitan generar productos económicos y enseguida buscar mercados locales para venderlos.

H) Autogestión

Masera et al. (1999), definen la autogestión, también conocida como autodependencia, como la capacidad del sistema de normalizar y controlar las interacciones con el entorno, considerando procesos de organización y mecanismos socioambientales, con el fin de establecer objetivos, prioridades, identidad y valores. En este trabajo en particular, se eligieron cuatro indicadores estratégicos para evaluar este atributo. Estos indicadores incluyeron el grado de dependencia externa, la dependencia del capital para la producción, la dependencia de asistencia técnica y las formas de organización de los productores. Estas selecciones se basaron en el criterio de eficiencia, considerando las dimensiones económica y social.

F-1) Grado de independencia externa

A través de este indicador, propuesto por Masera et al. (1999), se evaluó la dependencia que los productores tienen a insumos y servicios externos, la cual fue de 40.8%.

Cuadro 19. Evaluación del grado de dependencia externa para la producción del agave azul

Aspecto evaluado	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Evaluación
Insumos					
Hijuelos	1	5	2.25	1.482	Poco
Agua	1	4	1.50	1.063	Muy poco
Herramientas manuales	1	4	2.79	.779	Poco
Agroquímicos	1	5	3.54	.884	Mucho
Productos orgánicos	1	4	1.79	1.141	Muy poco
Servicios					
Pago a jornaleros	1	5	3.21	.833	Mucho
Renta de maquinaria	1	4	1.54	.977	Muy poco
Asistencia técnica	1	4	1.29	.806	Muy poco
Transportar producto	1	5	1.38	1.056	Muy poco
Jimar	1	3	1.08	.408	Muy poco

Fuente: trabajo de campo 2022.

En el Cuadro 19 se registraron los insumos y servicios que los productores indicaron que se necesitan para producir agave azul en el municipio. El 45.83% compra afuera los hijuelos, mientras que el resto utiliza esquejes de sus propias parcelas y sólo el 20.83% utiliza agua en su sistema. Por su parte, el 91.67% compra herramientas manuales, el 95.83% invierte en agroquímicos y solo el 37.5% compra productos orgánicos. En cuanto a los servicios, el pago de jornaleros el 95.83% lo realiza, el 29.17% ha gastado en maquinaria pesada y sólo el 12.5% ha pagado asistencia

técnica. Mientras que un 12.5% gasta en el transporte de producto y el 4.17% lo hace en la jima, ya que esta actividad es llevada a cabo por los intermediarios y no por los agricultores.

F-2) Independencia del capital para producir

Este indicador evaluó la dependencia que tienen los productores sobre el capital necesario para mantener su producción, arrojando la media en la escala de evaluación de grado de dependencia externa.

El porcentaje sobre el nivel de dependencia externa del apoyo que recibieron los productores de agave azul una vez han iniciado la plantación de su producto fue de 25%, lo cual indica que en este factor los productores no han tenido mucha necesidad o no han tenido la oportunidad de obtener recursos económicos externos para continuar produciendo.

El 21.2% de los productores recibieron apoyo externo para iniciar con la producción y sólo uno recibe apoyo económico de un programa de gobierno, esto quizá se deba a algunos factores, como la falta de información y asesoría sobre los programas de apoyo, también el hecho de que algunos de ellos no cumplen con los requisitos para aplicar a los programas o concretamente no les interesa recibir apoyos gubernamentales. Incluso algunos mencionaron que estos apoyos se les dan o tienen prioridad aquellos agricultores del municipio que estén ligados a la política o al partido político gobernante actual.

El porcentaje de la dependencia del capital para producir fue de un 16.8%, lo cual indica que los productores de agave azul encuestados no han recibido o no tienen la necesidad de recibir apoyos económicos externos para iniciar su producción o seguir produciendo si se les presentara la necesidad monetaria. En el presente caso, un apoyo económico externo, principalmente por parte de una instancia gubernamental, ya sea municipal o estatal, auxiliaría a los productores de agave a conseguir mayor tecnología o adquirir asistencia técnica, sin embargo, no hay interés en apoyarles, aunque algunos tampoco quieren o gestionan inversiones que consideran innecesarias.

F-3) Dependencia de asistencia técnica

Este indicador es una adecuación de Herrera-Pérez et al. (2017), para analizar la capacitación, asesorías y asistencias técnicas en el año agrícola que hubieran tenido los productores para el control y manejo de las plantaciones.

Cuadro 19. Requerimiento de asesoría indicado por los productores Guía en las labores agrícolas del cultivo de agave azul.

Aspecto evaluado	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Evaluación
Preparar el suelo	0	4	.58	1.060	Nada
Selección de hijuelos	0	4	.46	.884	Nada
Siembra	0	4	.46	.884	Nada
Aplicación de agroquímicos	0	4	1.04	1.574	Muy poco
					12.7%

Fuente: trabajo de campo 2022.

Al respecto, el 37.5% de los productores tuvo asistencia técnica cuando inició su cultivo y, posteriormente establecida su producción, el porcentaje de estos factores bajó a un 30.5%. Las actividades sobre la necesidad de asesoría técnica que requieren, mencionadas por los agricultores fueron: la preparación de suelo, la selección de los mejores hijuelos, establecer la plantación y la aplicación de químicos; así que al evaluar estos aspectos, la fórmula de sensibilidad ecológica arrojó un 1.27% lo cual indica que, si bien ha habido intervención técnica, esta ha sido muy baja, por lo que no fue suficiente la capacitación proporcionada por los técnicos que fueron en su mayoría agrónomos provenientes del estado de Jalisco y del municipio de García de la Cadena, Zacatecas.

Los productores expresaron que la asistencia técnica sólo proviene de los vendedores de agroquímicos, como una ayuda extra si les son adquiridos sus productos; por otro lado, es nula la asistencia técnica por parte del gobierno, así como contratarlos de forma personal o a través de alguna sociedad o agrupación.

Cuadro 20. Fuente de asistencia.

Fuente	No recibieron asistencia	Sí recibió asistencia
Al iniciar la plantación		
Ingenieros agrónomos	100%	0%
Productores con experiencia	70.8%	29.2%
Total	85.4%	14.6%
Una vez iniciada la plantación		
	No recibe apoyo	Sí recibe apoyo
Ingenieros agrónomos	79.2%	20.8%
Productores con experiencia	95.8%	4.2%
Total	87.5%	12.5%
In*Fin	86.45%	13.55%

Fuente: trabajo de campo 2022.

En el Cuadro 21 se muestran las fuentes de asistencia técnica que tienen o han tenido los agricultores encuestados, señalando que ningún agrónomo los ayudó para iniciar sus plantaciones; sin embargo, el 29.2% recibió auxilio de personas que tenían ya experiencia suficiente en la producción. De igual forma se muestra que una vez iniciada la plantación el 20.8% recibió ayuda de agrónomos que, como se mencionó, son enviados por los vendedores de agroquímicos; en este caso, sólo el 4.2% siguió recibiendo ayuda de los agricultores con experiencia. Esto nos deja con un total de

86.45% de agricultores que no han recibido ninguna asistencia técnica desde los inicios de su plantación y en su desarrollo.

La dependencia de asistencia técnica fue de 18.92%, por lo tanto, corrobora que ha sido baja, y que poco les ha sido útil en las labores agrícolas y no hay capacitación o transmisión de conocimientos o es difícil adquirirlas. García y Macías (2010), indican que una de las estrategias de desarrollo para el cultivo de agave azul en el sur de Zacatecas es aplicar y fomentar esquemas de capacitación y asistencia técnica en redes de innovación, para apoyar la producción de agave-mezcal, la cual está influenciada por la demanda del mercado, por otro lado, la innovación por parte de los productores se orienta a los procesos productivos.

F-4) Formas de organización de productores

Para obtener este indicador, adecuado de Herrera-Pérez (2017), se consideró la información sobre productores organizados, tipo de organizaciones y opinión sobre la organización para la producción y venta de piña de agave.

Al respecto, sólo el 25% de los productores encuestados están organizados, en este caso pertenecen a una sociedad de producción rural (SPR) originaria del municipio de García de la Cadena, Zacatecas. La SPR es una personalidad jurídica que se puede establecer como una empresa especializada en el aprovechamiento de los recursos naturales o en la prestación de servicios, en sus núcleos agrarios (Registro Agrario Nacional, 2018). La SPR fue creada para realizar principalmente la destilación al mezcal, por lo cual, los productores aportaron una cifra económica, pero dijeron que no han recibido retribuciones; asimismo, indican sirvió más con el fin de asociarse para la producción de mezcal, sin embargo, no consideraron la implementación de prácticas agroecológicas que pudieran contribuir a la mejora de las plantaciones.

Cuadro 21. Importancia indicada por los productores de agave azul, sobre la ayuda de la organización.

Importancia de la organización					
Aspecto evaluado	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Evaluación
Importancia de tener la organización	1	5	3.17	1.341	Mucho
					63.4%
Posible ayuda de la organización					
Compra de insumos	0	3	.21	.658	Nada
Venta de producto	0	3	.21	.658	Nada
Intercambio de conocimientos	0	3	.21	.658	Nada
Destilación y producción de mezcal	0	4	.46	1.141	Nada
					5.4%

Fuente: trabajo de campo 2022.

En el Cuadro 22 se muestra que tienen interés y les es importante al 63.4% de los encuestados, contar con una organización que los ayude en diversas labores en cuanto a su producción de agave azul. Los productores creen que es imprescindible realizar estas organizaciones, sin embargo, aún es un porcentaje bajo; quienes dijeron que sí estarían dispuestos a conformar una organización, cooperativa o sociedad; asimismo, el 29.2% mencionó que si se conformara sería útil para obtener apoyos gubernamentales tanto económicos como en asistencias e insumos.

El 20.8% menciona que son importantes para que los agricultores se apoyen entre sí y tengan intercambios de conocimientos, mientras que el 29.2% dijo que no deberían conformarse estos grupos debido a que hay una posibilidad de generar problemas

internos, ya que anteriormente han intentado realizar agrupaciones que rápidamente se disolvieron por problemas personales que surgieron.

También en el cuadro se analizaron las actividades en las cuales han sido apoyados por la organización presente, arrojando un 5.4% de apoyo general, lo cual indica que esta organización no ha sido de ayuda para mejorar sus procesos agrícolas o en la cadena productiva siendo, como se ha mencionado, su principal función la conversión del agave en destilado.

Al considerar los factores evaluados bajo este indicador, se generó un total del 31.27% con la fórmula de SE, lo cual indica que dejan de lado el enfoque sobre aspectos en la producción de la planta específicamente o en la intervención del sistema productivo e incluso la cadena agave-mezcal. Organizaciones en ejidos, pequeños poblados o cabeceras municipales de producción de agave en el estado de Jalisco se han constituido para, entre otras tareas, diversificar actividades para garantizar el sostén de la familia, generando productos para autoconsumo, y mejorar relaciones sociales Hernández-López (2014) y Vázquez-Elorza et al. (2017), registran que la organización social llega a consolidar políticas públicas que los benefician, pero también señalan que una débil organización puede llegar a que los productores no cuenten con capacitación y paquetes tecnológicos, y por ello es necesario que, además de conformarse, una organización de productores de agave, debe incorporar modelos de desarrollo para mejorar la producción y la comercialización apoyándose en instituciones gubernamentales con la finalidad de generar empleo, ingresos e impulsar el desarrollo local.

5.3.1 Presentación e integración de los resultados

Obtenidos los valores de los 15 indicadores dentro de las áreas económica, ambiental y social, se integraron para incorporarlos en la valoración de la sustentabilidad del sistema de agave azul de la localidad de estudio. La evaluación contó con indicadores que consideraron información variada, por lo que, como indican Maser et al. (1999), se presentaron una serie de retos por la dificultad de integrarlos; tales como: criterios de decisión imprecisos, datos cuantitativos y cualitativos, datos no

conmensurables, interrelación entre los atributos e indicadores de sustentabilidad, dificulta tanto en discriminar entre indicadores cercanos y para realizar una jerarquización u ordenamiento de las diferentes opciones.

Por lo anterior, en la investigación se consideró trabajar con métodos multicriterio, por lo que, para integrar los resultados se utilizó una técnica mixta tanto cualitativa como cuantitativa, para combinar una presentación gráfica con información numérica para los indicadores que así lo permitieran.

Cuadro 22. Cálculo de los valores ponderados de los indicadores de sustentabilidad en la producción de agave azul.

Atributo	Indicadores	Aspectos de la producción de agave azul	Área o dimensión
Productividad	Rendimientos	66.94%	Económico
	Aplicación de M. O.	31.20%	Ambiental
Estabilidad; resiliencia; confiabilidad	Índice de Diversificación Agropecuaria	24.60%	Ambiental
	Incidencia de plagas, enfermedades y siniestros	48.40%	Ambiental
	Dificultad para comercialización	38.40%	Económico
Presión	Intensidad de uso de suelo	47.94%	Ambiental
Adaptabilidad	Asimilación de innovaciones	62.95%	Social
	Participación familiar en las labores agrícolas	16.68%	Social
	Relevo intergeneracional	48.40%	Social
Equidad	Índice de Conocimiento del Agrosistema (ICA)	72.24%	Social
	Actividades generadoras de ingresos	26.20%	Económico
Autogestión	Grado de independencia externa	59.02%	Económico
	Independencia del capital para producir	81.08%	Económico

Atributo	Indicadores	Aspectos de la producción de agave azul	Área o dimensión
	Dependencia de asistencia técnica	18.92%	Social
	Formas de organización de productores	31.27%	Social
Total		45.83%	

Fuente: trabajo de campo 2022.

La representación gráfica de los resultados se realizó con un diagrama tipo ameba o tela de araña; el cual representa cada indicador en un eje separado con sus unidades. Se puede contrastar con un valor óptimo que representa al 100% en la gráfica debido a que este es la capacidad máxima del sistema sin alterar su funcionamiento para conservar sus recursos naturales, la productividad y las relaciones sociales.

Cabe aclarar que, si bien se realizó un análisis longitudinal del sistema, no se tuvo acceso a la información para calcular el óptimo porque no ha habido anteriores investigaciones sobre la sustentabilidad de los sistemas de agave azul en la región de estudio, por lo cual en la gráfica se representará como 100%, así como el porcentual de cada indicador.

5.3.2 Representación de los indicadores de sustentabilidad

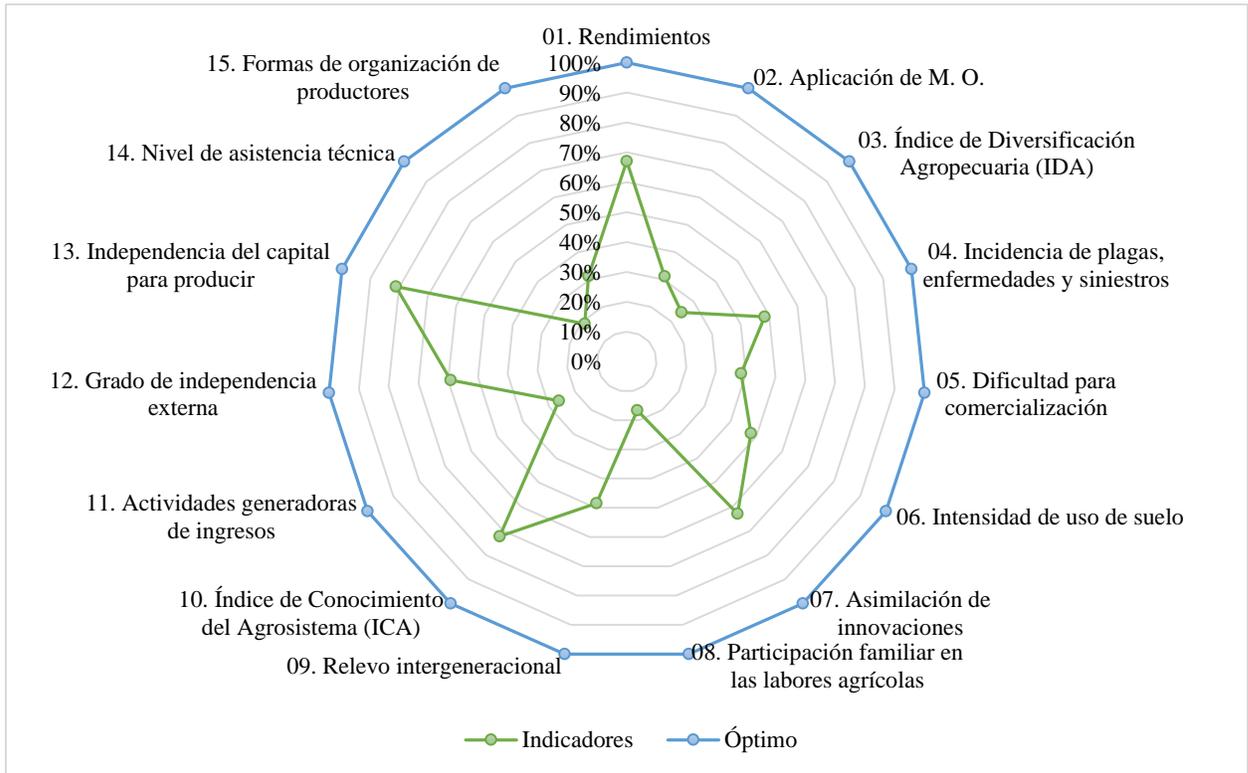


Figura 16. Comparación de los indicadores de sustentabilidad evaluados para el cultivo del agave azul.

Fuente: trabajo de campo 2022.

En la Figura 16 se representan los valores de los 15 indicadores, siendo los más fortalecidos, en orden decreciente: independencia del capital para producir (81.08%), Índice de Conocimiento del Agrosistema (ICA) (72.24%) y rendimiento (66.94%), asimilación de innovaciones (62.95%).

Se considera los que debilitan al sistema son la falta de: aplicación de materia orgánica (31.20%), diversificación agropecuaria (24.60%), participación familiar en las labores agrícolas (16.68%), actividades generadoras de ingresos extras (26.20%), así mismo, la dependencia de asistencia técnica (18.92%) y formas de organización de productores (31.27%).

Consideramos que aquellos indicadores con un porcentaje menor al 33.35% son bajos, de 33.35 a 66.65% son medios y de 66.65 a 100% son altos. Con base en lo

anterior, podemos inferir que el sistema analizado tiene tres indicadores que lo mantienen fortalecido, tres en un estado medio y nueve en un estado bajo que perjudican la sustentabilidad del sistema, por lo tanto es necesario dar fortaleza prioritaria a 12 indicadores, para conseguir que el estado de sustentabilidad del sistema se mejore.

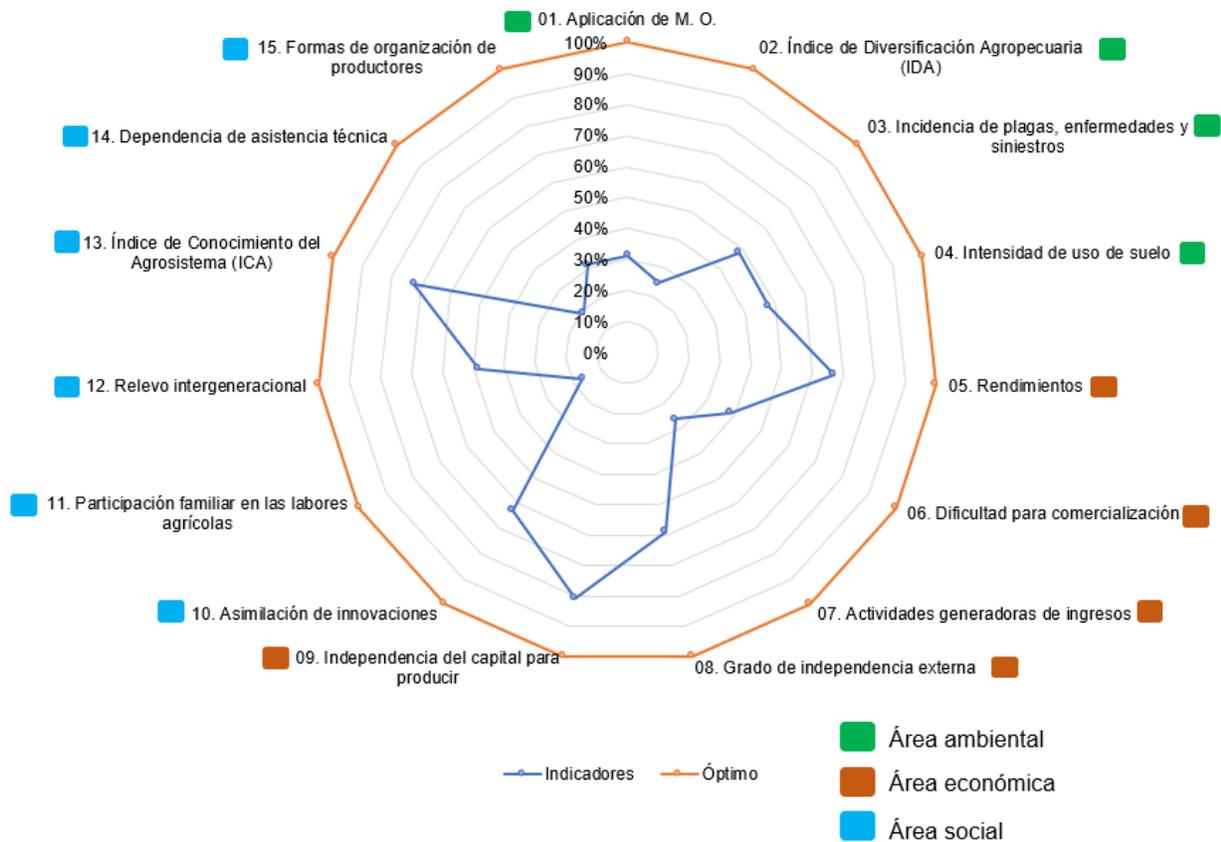


Figura 17. Comparación de los indicadores de acuerdo a las tres dimensiones de la sustentabilidad.

Fuente: trabajo de campo 2022.

La Figura 17 presenta a los indicadores evaluados organizados de acuerdo a las tres áreas de la sustentabilidad, lo cual nos permite observar cuál de ellas se encuentra más fortalecida o limitada, en este sentido, se observa que la dimensión más debilitada es la ambiental, debido a que de los cuatro indicadores evaluados dos tienen sustentabilidad baja, uno media y otro alta, dando un total porcentual de 38.04%; sin embargo, el área social tampoco está fortalecida debido a que de los seis indicadores

medidos en esta área, tres tienen sustentabilidad baja, dos media y una alta, siendo el porcentaje total de sustentabilidad de este indicador de 41.74%. Por lo tanto, el más fortalecido es el económico ya que de los cinco indicadores sólo uno tiene nivel bajo de sustentabilidad, dos medios y dos altos, dando un total de 54.36%. El total porcentual adjuntando los 15 indicadores nos arroja un 44.96%, lo que indica que el nivel de sustentabilidad total es medio, sin embargo, hay que recalcar que dentro del sistema sólo hay tres indicadores en un nivel alto de sustentabilidad, cinco en nivel intermedio y siete en nivel bajo, y por ello, para que la sustentabilidad sea fuerte, es necesario mejorar estos 12 indicadores.

5.3.3 Contraste de hipótesis con los resultados

La hipótesis que planteó en el trabajo de investigación fue que: "el sistema de producción de agave azul en el municipio de Mezquitil del Oro, Zacatecas, presenta grados de sustentabilidad bajos debido a la adopción del modelo convencional" la cual se acepta debido a que los resultados obtenidos arrojaron que el sistema, aunque presente un porcentual total que indica sustentabilidad media, presenta los siguientes problemas en 12 de los 15 indicadores evaluados; las cuales se mencionan a continuación:

- Los productores, antes de la adopción del agave azul, producían agave verde de una manera en la cual no dependían de insumos externos, cuidaban más la tierra, y ellos mismos destilaban, aunque en pocas cantidades.
- Los agricultores utilizan agroquímicos para eliminar malezas, insectos, plaga y microorganismos, patógenos, así como para fertilizar sus plantas, esto sin capacitaciones técnicas, sin embargo, la mayoría de ellos tiene la conciencia de que están afectando al medio ambiente.
- Hay baja presencia de policultivo y prácticas agroecológicas que ayuden a mejorar las condiciones del suelo, su conservación o del agua, y por ende la sustentabilidad, como la aplicación de materia orgánica o la implementación de productos orgánicos, aunque por lo general dejan descansar las tierras.
- El análisis del área económica arrojó problemas en la comercialización del producto, ya que se hace a través de intermediarios y sin tener la seguridad

de que les será adquirido, de igual forma no puede haber contratos u otros acercamientos a tequileras de Jalisco debido a que no aplica la DOT en el municipio. En cuanto a las mezcaleras cercanas, no tienen la necesidad de adquirir producto fuera de sus inmediaciones por el nivel de producción de mezcal que manejan. Los productores, en su mayoría, no aprovechan sus predios para generar más recursos, y tampoco crean otros productos con la planta para ser comercializados o de autoconsumo. Los productores no reciben apoyo económico gubernamental o externo para producir.

- El análisis social también arrojó problemáticas que afecta la sustentabilidad del sistema, como la baja participación familiar, y que no tienen mucha certeza de que sus descendientes continúen con la labor agrícola, y que no reciben apoyo técnico o de insumos por parte del gobierno, aunque buscan el conocimiento dentro del municipio o con algunos productores de fuera. Los agricultores no se interesan en crear una organización, alianza o sociedad que los ayude a mejorar las condiciones de siembra de su producto, así como para su venta y procesamiento por los problemas internos que pudieran surgir.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación cumplió con el objetivo general y sus objetivos específicos.

Todos los encuestados fueron hombres, en su mayoría están casados y viven en casas propias, son también los jefes de familia, en su mayoría tienen la secundaria o la primaria completa. También hay productores con carrera profesional y dos con maestría, por lo cual para la mayoría de los agricultores de agave azul esta labor agrícola es un complemento más que una actividad principal de generación de recursos.

Sobre la caracterización de la producción de agave azul:

- La mayoría de las tierras para producir agave azul son propias.
- Los agricultores en promedio tienen 4.97 ha.
- Para iniciar con la producción, la mayoría de los agricultores lo hizo con recursos propios.
 - Los hijuelos provienen de las parcelas de los productores o, si no les abastecen, se compran dentro del mismo municipio o, de necesitarlos, en Moyahua, García de la Cadena o Juchipila.
 - Un productor tiene trabajando con agave 30 años y pertenece a una familia con una tradición de cultivarlos. Dos de ellos han recién comenzado con esta actividad hace un año.
 - La creciente producción de agave azul se debe a múltiples factores, principalmente por la cercanía al estado de Jalisco donde la demanda del destilado de tequila ha aumentado. También se han implementados estas adopciones debido a los pocos requerimientos de la planta, principalmente del agua, lo cual es un recurso que escasea en el municipio.
 - Los conocimientos sobre cómo llevar a cabo las plantaciones de agave provinieron de externos con conocimientos previos o de tradición en el cultivo; para otros los conocimientos se los dieron sus padres u otros familiares.
 - Los productores tienen un promedio de 3393.75 plantas/hectárea.

- Las plagas que más afectan a los productores son escarabajo rinoceronte (*S. aloeus*), gallina ciega (*Phyllophaga spp.*; *Cyclocephala spp.*) y picudo del agave (*S. acupunctatus*).
- Las enfermedades que mayormente causan daño a las plantaciones son el anillo rojo, mancha anular (*Didymosphaeria sp.*) y marchitez o sida (*F. oxysporum*).
- El herbicida más utilizado por los productores es el glifosato, el insecticida es el malatión y fungicidas y bactericidas son el benomilo e Intermicín.
- Los productores del municipio encuestados utilizan en su mayoría fertilizantes químicos, principalmente Triple 16 y urea.
- La jima del agave es llevada a cabo principalmente por los intermediarios durante todo el año.
- El precio de la piña está en función principalmente de la edad y los grados brix que presenten.

Sobre los indicadores ambientales:

- Se han realizado desmontes para comenzar con la plantación y se han dejado de lado cultivos que fueron tradicionales en el municipio para aprovechar los predios.
- Los productores no aplican materia orgánica al suelo más allá de las hojas y residuos de la planta cuando se jima o se poda.
- Dentro de sus sistemas productivos no tienen diversidad agropecuaria, útil para generar mayor materia orgánica y mejorar las condiciones generales del suelo.
- A las plantaciones las afectan en mayor medida las plagas y enfermedades, otros siniestros tienen baja presencia.
- Los productores indican que sus suelos siguen siendo estables, pero presentan cierta presión debido a su explotación y a que utilizan insumos externos y trabajan con modelos intensivos.
- Hay baja adopción de prácticas que mejoren el suelo.

- La mayoría de los productores reconocen que su forma de trabajo puede dañar al medio ambiente, e incluso algunos se han dado cuenta de cómo lo daña, pero sólo un porcentaje aceptaría cambiar su sistema de manejo.

Sobre los indicadores económicos:

- Los rendimientos de la producción no son los óptimos debido a que no se cosechan en la edad adecuada, que debe de ser de siete años y sin embargo se hace a los cinco.
- Los productores tienen alta dificultad de comercialización debido principalmente a que no existen contratos de ventas con tequileras o mezcaleras.
 - Se vende a través de intermediarios conocidos como coyotes.
 - No tienen más actividades dentro de su sistema productivo que le ayuden a recuperar la inversión o generar un apoyo económico extra.
 - Existe dependencia externa, principalmente de insumos químicos, herramientas manuales y servicios como el uso de jornaleros.
 - Los productores no tienen mucha dependencia económica externa para iniciar sus plantaciones o para continuarlas, y en su gran mayoría no recibe apoyos gubernamentales.

Sobre los indicadores sociales:

- Hay un alto riesgo de que falte el relevo generacional debido a que los hijos de muchos productores están fuera del municipio, o están chicos y ellos aseguran no seguirán con esta tradición, otros más sí creen que sus hijos o hijas tienen interés.
- Considerando en conjunto al grupo de productores encuestados, el índice de conocimiento del agroecosistema (ICA) es bajo, debido a que algunos productores recién han comenzado a trabajar el agave azul, principalmente porque se dieron cuenta de que puede ser un ingreso valioso. La mitad tiene diez o más años realizándola, y la otra ocho o menos.

- Los productores no tuvieron asistencia técnica para comenzar las plantaciones y una vez que lo hicieron ha sido mínima, principalmente el apoyo ha sido de los mismos vendedores de agroquímicos y se centra en la aplicación de estos.

- Hay sólo una organización de Sociedad de Producción Rural (SPR), a la cual pertenecen algunos de los encuestados, sin embargo, no ha sido de ayuda para mejorar las decisiones de siembra o aspectos importantes en la cadena productiva. Gran parte de los productores que no están dentro de la organización, prefieren que no la haya debido a los problemas internos que puedan surgir y otros pocos sí la quisieran para intercambiar conocimientos, mejorar decisiones de siembra y conseguir recursos monetarios y técnicos de gobierno o incluso contratar privados.

Sobre el análisis de los indicadores

- El análisis de los indicadores apoyados en la metodología MESMIS arrojó que los más fortalecidos son: independencia del capital para producir (81.08%), índice de conocimiento del agroecosistema (ICA) (72.24%) y rendimiento (66.94%).

- Los indicadores en escala intermedia son: asimilación de innovaciones (62.95%), grado de independencia externa (59.20%), incidencia de plagas, enfermedades y siniestros (48.40%), falta de relevo intergeneracional (48.40%), intensidad de uso de suelo (47.94) y dificultad para comercialización (38.40%).

- Los indicadores más débiles son: formas de organización de productores (31.27%), aplicación de M. O. (31.20%), actividades generadoras de ingresos (26.20%), índice de diversificación agropecuaria (IDA) (24.6%), dependencia de asistencia técnica (18.92%) y participación familiar en las labores agrícolas (16.68%).

- La medición porcentual del sistema arrojó que el mismo tiene sustentabilidad media, sin embargo sólo mantiene tres indicadores en un nivel alto de sustentabilidad, cinco en nivel intermedio y siete en nivel bajo, por lo

tanto, es necesario fortalecer 12 indicadores para tener un nivel alto de sustentabilidad en la producción.

- La dimensión ambiental es la que más debilita la producción, mientras que los recursos económicos que se manejan en su sistema es lo que más lo fortalece. Sin embargo, la dimensión social no es totalmente fuerte ya que también debilita el sistema productivo.

6.1 Recomendaciones a corto, mediano y largo plazos:

Corto plazo:

- Promocionar la participación y comunicación entre productores, para mejorar las prácticas de cultivo e impulsar un intercambio de conocimientos.
- Implementar capacitación para el uso eficiente de insumos y elaboración de productos orgánicos y definir estrategias para incorporar materia orgánica al suelo.

Mediano plazo:

- Formalizar organizaciones para mejorar el manejo de la producción, y obtener recursos técnicos y monetarios.
- Realizar una investigación profunda sobre el daño que el sistema de manejo causa al suelo a través de su análisis.
- Capacitación sobre prácticas agroecológicas y de formas de generar valor agregado, para acercarnos a los objetivos de desarrollo sostenible supuestos en la agenda 2030 de la FAO, principalmente en los puntos 1) acabar con la pobreza en todas sus formas y en todas partes, 12) garantizar modelos de consumo y producción sostenibles, y 13) adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, pero siempre tomando en cuenta los restantes.

Largo plazo:

- Implementar nuevas tecnologías sustentables como el control de plagas y enfermedades de los cultivos, el suministro de nutrientes específicos al suelo,

análisis de suelo, para tener una mayor eficiencia y rentabilidad en las unidades de producción como fertilización a través de medios orgánicos o naturales, así como diseños para fijación y mejora de suelos.

- Fomentar cadenas de comercio con las mezcaleras cercanas para vender el producto.
- Establecer tabernas que sean competitivas dentro del municipio para no tener que esperar al coyotaje o la venta a mezcaleras cercanas.
- Crear una organización comercial para establecer una forma de venta de mezcal donde haya distribución a licoreras y público en general.

CAPÍTULO 7. LITERATURA CITADA

- ACF. (2009). *Actividades generadoras de ingresos: un concepto clave para una seguridad alimentaria sostenible* (Servicio de Seguridad Alimentaria y Sistemas de Sustento, Ed.; Vol. 1).
- Achkar, M., Cantón, V., Cayssials Brissolèse, R. L., Domínguez, A., Fernández, G., y Pesce, F. (2005). Ordenamiento ambiental del territorio. *Área Científico Tecnológica*.
- Achkar, M., y del Territorio, G. A. (2005). *Indicadores de sustentabilidad*.
- Acuña, D., y Verastegui, M. J. (2013). Guía de Indicadores de Sustentabilidad en la Industria de Alimentos Procesados. *Segundo Acuerdo de Producción Limpia Chilealimentos*.
- Alloatti, M. N. (2014). Una discusión sobre la técnica de bola de nieve a partir de la experiencia de investigación en migraciones internacionales. *IV Encuentro Latinoamericano de Metodología de las Ciencias Sociales (Costa Rica, 27 al 29 de agosto de 2014)*.
- Altieri, M. (1999). Bases científicas para una agricultura sustentable. *Montevideo: Nordan Comunidad*.
- Altieri, M. A. (1987). The scientific basis of alternative agriculture. *Agroecology*, 73, 116–120.
- Altieri, M. A., y Nicholls, C. (2010). Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. *Publicado por SOCLA. Medellín, Colombia*.
- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2000). Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable. *Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe*.
- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2018). Agroecología y cambio climático: ¿adaptación o transformación? *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(2), 235–243.
- Altieri, M y Nicholls, C., Chalmers, P. F., Sanmartín, J., Chalmers, A. F., y Guzm, S. (2000). Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. *Diario de campo*, 1–16.
- Álvarez-Ainza, M., Arellano-Plaza, M., De la Torre-González, F., Gallardo-Valdez, J., García-Barrón, S. E., y García-Galaz, A. (2017). Bebidas Destiladas de Agave. *Panorama del Aprovechamiento de los Agaves en México, Primera Ed. AGARED, Red Temática Mexicana Aprovechamiento Integral Sustentable y Biotecnología de los Agaves*, 165–214.
- Álvarez-Sánchez, M. E., Velázquez-Mendoza, J., Maldonado-Torres, R., Almaguer-Vargas, G., y Solano-Agama, A. L. (2010). Diagnóstico de la fertilidad y

- requerimiento de cal de suelos cultivados con agave azul (Agave tequilana Weber). *Terra Latinoamericana*, 28, 287–293.
- Armenteras, D., González, T. M., Vergara, L. K., Luque, F. J., Rodríguez, N., y Bonilla, M. A. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación: *Ecosistemas*, 25(1), 83–89. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-1.12>
- Arnés, E., Marín, O., Merino, A., y Hernández, C. G. (2013). Evaluación de la sostenibilidad de la agricultura de subsistencia en San José de Cusmapa, Nicaragua. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 1102-2016–91173, 27. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.187472>
- Arysta LifeScience Chile*. (s/f). www.arystalifescience.cl
- Astier, M., Masera, O. R., y Galván-Miyoshi, Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad: un enfoque dinámico y multidimensional* (Número Sirsi) i9788461256419). SEAE Valencia.
- Atkinson, R., y Flint, J. (2001). Accessing hidden and hard-to-reach populations: Snowball research strategies. *Social research update*, 33(1), 1–4.
- ATSDR. (2003, septiembre). *Resumen de salud pública: Malatión*. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs154.pdf.
- AverageWeather. (2022, mayo 25). *Mezquital del Oro (Zacatecas, México)*. <https://www.average-weather.com/es/norteam%C3%A9rica/m%C3%A9xico/zacatecas/mezquital+del+oro/?unit=metric>.
- Balkrishna, A., Sharma, G., Sharma, N., Kumar, P., Mittal, R., y Parveen, R. (2022). Global Perspective of Agriculture Systems: From Ancient Times to the Modern Era. En *Sustainable Agriculture for Food Security: A Global Perspective* (Vol. 3, pp. 3–47). CRC Press.
- Balvanera, P., Astier, M., Gurri, F. D., y Zermeño-Hernández, I. (2017). Resiliencia, vulnerabilidad y sustentabilidad de sistemas socioecológicos en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88, 141–149.
- Bautista, J. A., y Smit, M. A. (2012). Sustentabilidad y agricultura en la “región del mezcal” de Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3, 5–20. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000100001&nrm=iso
- Bautista, J. M., García-Oropeza, L., Barboza-Corona, J. E., y Parra-Negrete, L. A. (2001). Agave tequilana. *Acta Universitaria*, 11(2), 26–34.
- Becht, G. (1974). Systems theory, the key to holism and reductionism. *Bioscience*, 24(10), 569–579.

- Beekman, G. (2015). *Agua y seguridad alimentaria*. CAF.
- Ben-Eli, M. U. (2018). Sustainability: definition and five core principles, a systems perspective. *Sustainability Science*, 13(5), 1337–1343.
- BIENESTAR. (2022). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2022*.
- Bifani, P. (2007). *Medio ambiente y desarrollo sostenible* (2da ed., Número 18). Editorial Universitaria.
- Bosshard, A. (2000). A methodology and terminology of sustainability assessment and its perspectives for rural planning. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 77, 29–41. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00090-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00090-0)
- Bowen, S., y Valenzuela-Zapata, A. G. (2009). Geographical indications, terroir, and socioeconomic and ecological sustainability: The case of tequila. *Journal of Rural Studies*, 25, 108–119. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2008.07.003>
- Brundtland, G. (1987). El desarrollo sostenible. *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Asamblea General de las Naciones Unidas. Recuperado de: <https://desarrollosostenible.wordpress.com/2006/09/27/informe-brundtland>*.
- Brunett, L. (2004). *Contribución a la evaluación de la sustentabilidad; estudio de caso dos agroecosistemas campesinos de maíz y leche del valle de Toluca*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- Cáceres, O. J. Z. (2015). Sustentabilidad, desarrollo sustentable e indicadores de sustentabilidad para agroecosistemas. *Revista Postgrado ISSN*, 2411, 8826.
- Calvente, A. (2007). El concepto moderno de sustentabilidad. *Universidad Abierta Interamericana*, 3, 1–7.
- Caporali, F. (2015). History and development of agroecology and theory of agroecosystems. En *Law and Agroecology* (pp. 3–29). Springer.
- Carrillo, L. A. (2007). Los destilados de agave en México y su denominación de origen. *Ciencias*, 87, 41–49.
- Casanova, L., Martínez, J., López, S., y López, G. (2016). De von Bertalanffy a Luhmann: Deconstrucción del concepto “agroecosistema” a través de las generaciones sistémicas. *MAD*, 35, 60–74.
- Casas, A., Torres, I., Delgado-Lemus, A., Rangel-Landa, S., Ilsley, C., Torres-Guevara, J., Cruz, A., Parra, F., Moreno-Calles, A. I., Camou, A., Castillo, A., Ayala-Orozco, B., Blancas, J. J., Vallejo, M., Solís, L., Bullen, A., Ortiz, T., y Farfán, B. (2017). Ciencia para la sustentabilidad: investigación, educación y procesos participativos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 113–128. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.003>

- Castro-Díaz, A. S., y Guerrero-Beltrán, J. A. (2013). *El agave y sus productos*.
- Ceccon, E. (2008). La revolución verde: tragedia en dos actos. *Ciencias*, 91(091).
- Cerroblanco-Vázquez, V., Lopez-Mateo, C., y Vega-Macías, D. (2021). Asociatividad y cadenas de valor: estudio de caso de una marca colectiva de mezcal en Guanajuato, México. *RAN - Revista Academia & Negocios*, 7(2), 123–138. <https://doi.org/10.29393/RAN7-2ACCL20002>
- Céspedes, C., y Vargas, S. (2021). Agroecología: fundamentos, técnicas de producción y experiencia en la región de los Ríos. *Colección Libro INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*.
- Chavez-Parga, M. D. C., Pérez Hernández, E., y González-Hernández, J. C. (2016). Revisión del agave y el mezcal. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1). <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.49552>
- COFEPRIS. (2020, diciembre 24). *GLIFOSATO. ACTUALIZACIÓN 2020*. <https://www.gob.mx/cofepris/articulos/glifosato-actualizacion-2020?idiom=es>.
- Coletto, J. M. (2004). Agricultura convencional y agriculturas alternativas. En *La agricultura y la ganadería extremeñas* (pp. 2015–2027). Caja de Bajadoz.
- COMERCAM. (2022). *Informe estadístico de la COMERCAM, 2022*.
- Consejo Regulador de Mezcal. (2020). Informe estadístico 2020. [Http://Www.Crm.Org.Mx/Informes.Php](http://www.Crm.Org.Mx/Informes.Php), 26. <http://www.crm.org.mx/informes.php>
- Conway, G. R., y Barbier, E. (1990). *After the green revolution : sustainable agriculture for development*. Earthscan.
- Cota, F. (2011). Manual técnico: Agave azul tequilana y su Manejo. En *Plan-Agrí-Agaves*.
- Cuello Bolaño, J. (2018). *Agricultura sostenible: principios, objetivos e importancia en el sector agropecuario*.
- Cuervo-Osorio, V. D., Ruiz-Rosado, O., Vargas-Villamil, L. M., García-Pérez, E., Gallardo-López, F., y Díaz-Rivera, P. (2020). Marcos metodológicos para la evaluación de la sustentabilidad agrícola en cuencas hidrográficas: una revisión†[methodological frameworks for the evaluation of agricultural sustainability at watershed level: A. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23, 28.
- de Gortari Rabiela, R. (2020). De la revolución verde a la agricultura sustentable en México. *Nueva Antropología*, 33(92), 66–86. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/nuevaantropologia/article/view/15995>
- del Real, J. I. (2019). Agave, materia prima del Tequila. En Consejo Regulador del Tequila (Ed.), *Manual del técnico tequilero* (pp. 128–158). Consejo Regulador del Tequila.

- Dragón. (2022). *Carta técnica*. <https://www.dragon.com.mx/wp-content/uploads/2021/03/82.-CT-MALATHION-1000-E.pdf>.
- Escobar, J. C. (2000). *Manual del capacitador. Diversificación agropecuaria con pequeños agricultores. Serie: Diversificación Agropecuaria*.
- Fao. (2002). *Los Fertilizantes y Su USO una Guía de Bolsillo para los Oficiales de Extensión*. Food & Agriculture Org.
- FAO. (2008). *Políticas Pecuarias 03, ganadería y deforestación* .
- FAO. (2018). *Elementos de la agroecología. Guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fergusson, A. (2003). El desarrollo sustentable. La revolución de las lógicas y los sentidos. *Seminario Itinerante del MES "Ética, formación integral y nuevos tiempos"*.
- Forero, R. (1995). *Principios fundamentales de agricultura sostenible*.
- Galván-Miyoshi, Y. (2008). Integración de indicadores en la evaluación de sustentabilidad: De los índices agregados a la representación multicriterio. *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. UNAM/GIRA/Mundiprensa/Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable. Valencia, España, 95–115*.
- García, A., y Macías, F. J. (2010). Producción de maguey y mezcal: estrategias de desarrollo rural en Teúl de González Ortega, Zacatecas. *Revista de Geografía Agrícola*.
- Gentry, H. S. (2004). *Agaves of Continental North America*. University of Arizona Press. <https://books.google.com.mx/books?id=SCqGyWNpRHwC>
- Gerritsen, P. R. W., Rosales Adame, J. J., Moreno Hernández, A., y Martínez Rivera, L. M. (2011). Agave azul y el desarrollo sustentable en la cuenca baja del río Ayuquila, Costa Sur de Jalisco (1994-2004). *Región y sociedad, 23(51)*, 161–192.
- Gignoux, J., Davies, I. D., Flint, S. R., y Zucker, J.-D. (2011). The ecosystem in practice: Interest and problems of an old definition for constructing ecological models. *Ecosystems, 14(7)*, 1039–1054.
- Gliessman, S. R., y Engles, E. W. (2015). Agroecology: The ecology of sustainable food systems, second edition. En *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems, Second Edition*. CRC Press.
- González, B. P. (2006). La revolución verde en México. *Agrária (São Paulo. Online)*, 0(4), 40–68. <https://doi.org/10.11606/issn.1808-1150.v0i4p40-68>

- González, J. E. G. (2008). Aspectos básicos, valores y reflexiones éticas alrededor de la agricultura sostenible. *Reflexiones*, 87(1), 139–151.
- Granadas, D. (1993). *Los agaves de México*: Universidad Autónoma Chapingo.
- Gschaedler, A. C., Mora, A. G., Ramos, S. M. C., Vazquez, G. D., y Valdez, J. G. (2017). Panorama del aprovechamiento de los Agaves en México. *Red Temática Mexicana Aprovechamiento Integral Sustentable y Biotecnología de los Agaves. México*.
- Gudmundsson, H., Marsden, G., y Josias, Z. (2016). *Sustainable transportation: Indicators, frameworks, and performance management*.
- Gutiérrez-Cedillo, J. G., Aguilera-Gómez, L. I., y González-Esquivel, C. E. (2008). Agroecología y sustentabilidad. *Convergencia*, 15, 51–87.
- Hecht, S. (1999). La evolución del pensamiento agroecológico. *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable*, 4, 15–30.
- Hernández-López, J. de J. (2014). *La jornalización en el paisaje agavero. Actividades simples, organización compleja*. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. CIESAS.
- Hernández-Xolocotzi, E. (1977). *El agroecosistema, concepto central en el análisis de la enseñanza, la investigación y la educación agrícola en México*.
- Herrera-Pérez, L., Valtierra-Pacheco, E., Ocampo-Fletes, I., Tornero-Campante, M. A., Hernández-Plascencia, J. A., y Rodríguez-Macías, R. (2017). Prácticas agroecológicas en Agave tequilana Weber bajo dos sistemas de cultivo en Tequila, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 18, 3713. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i18.216>
- Herrera-Pérez, L. (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*. Colegio de Postgraduados.
- Herrera-Pérez, L., Valtierra-Pacheco, E., Ocampo-Fletes, I., Tornero-Campante, M. A., Hernández-Plascencia, J. A., y Rodríguez-Macías, R. (2018). Esquemas de contratos agrícolas para la producción de Agave tequilana Weber en la región de tequila, Jalisco. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(4), 619–637.
- Hilmi, A. (2017). *Agroecology: Reweaving a New Landscape*. Springer.
- Huacuja, F. E. (2020). Expansión de la soja en México y Exclusión Productiva de los Pequeños Agricultores de la Península de Yucatán. *Papeles de Geografía*, 66.
- INEGI. (2018). *Compendio de información geográfica municipal 2010, Mezquital del Oro*.
- INEGI. (2019). *Conociendo la industria del tequila y mezcal*.

- INIFAP. (2012). *Agave (Agave tequilana Weber Azul)*. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes2012/14.pdf>.
- Jhariya, M. K., Banerjee, A., Meena, R. S., Kumar, S., y Raj, A. (2021). *Sustainable Intensification for Agroecosystem Services and Management*. Springer.
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., y Bello-Amez, S. (2006). LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA. *Idesia (Arica)*, 24, 49–61.
- Khan, N. F., & Rehman, S. (2022). Understanding Sustainable Agriculture. En *Sustainable Agriculture* (pp. 1–23). Springer.
- León-Sicard, T. (2019). La dimensión simbólica de la agroecología. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 51(1), 395–400.
- López, J. de J. H. (2018). El mezcal como patrimonio social: de indicaciones geográficas genéricas a denominaciones de origen regionales. *Em Questão*, 24(2), 404–433. <https://doi.org/10.19132/1808-5245242.404-433>
- López, N. J. S., y Madrid, M. L. A. (2011). Herbicida glifosato: usos, toxicidad y regulación. *Biotecnia*, 13(2), 23–28.
- López-Nava, G., Martínez-Flores, J. L., Cavazos-Arroyo, J., y Mayett-Moreno, Y. (2014). La cadena de suministro del mezcal del estado de Zacatecas Situación actual y perspectivas de desarrollo. *Contaduría y Administración*, 59(2), 227–252. [https://doi.org/10.1016/s0186-1042\(14\)71261-6](https://doi.org/10.1016/s0186-1042(14)71261-6)
- Lorente, T. Á. (2020). La agroecología más allá de una agricultura ecológica. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 17(2), 301–319.
- los-municipios.mx. (2022, mayo 25). *El municipio de Mezquital del Oro*. <https://www.los-municipios.mx/municipio-mezquital-del-oro.html>.
- Machín, N., y López, F. (2012). Agricultura y medio ambiente; equilibrio territorial. *Medio Ambient*, 43.
- Macías, A., y Valenzuela, A. G. (2009). El tequila en tiempos de la mundialización. *Comercio exterior*, 59(6), 459–472.
- Márquez, J. E. (2017). *Sustentabilidad de las unidades de producción agroalimentaria familiar. Caso: comunidad, la colmena del Palmar, Veracruz*. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Martin, K., y Sauerborn, J. (2013). *Agroecology*. Springer.
- Martínez, B. Z. (2019). Agricultura sustentable: el sendero hacia el futuro de la humanidad. *Revista Agrollania de Ciencia y Tecnología*, 17.
- Martínez, P. C. C. (2012). El axioma del desarrollo sustentable. *Revista de Ciencias Sociales*, 137.

- Martínez R., L. M., Gerritsen, P. R. W., Rosales A., J., Moreno H., A., Contreras M., S., Solís Magallanes, A., Rivera C., L. E., Cardenás H., O. G., Iñiguez Davalos, L. I., Cuevas G., R., Palomera García, C., García Real, E., Aguirre García, A., y Olguin López, J. L. (2007). Implicaciones socioambientales de la expansión del cultivo del agave azul (1995-2002) en el municipio de Tonaya, Jalisco, México. *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves, May 2014*, 265–284. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdv.200490137/abstract>
- Martínez-Gándara, A. (2008). Tequila, Mezcal Y Cerveza: De México Para El Mundo. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 5(2), 143–150.
- Martínez-Palacios, A., Castro, L. E. M., Alvarez, C. R. N., Vargas, N. M. S., Cervantes, L. A., Rodríguez, S. G., y Lobit, P. (2015). Monocultivo y sistemas agresivos de manejo asociados a plagas y enfermedades en plantaciones de Agave Cupreata en Michoacán. *Monocultivo y sistemas agresivos de manejo asociados a plagas y enfermedades en plantaciones de Agave Cupreata en Michoacán.....* 83, 85.
- Masera, O., Astier, M., y López Ridaura, S. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS* (Número 333.716 M396). Mundi-Prensa: GIRA: Instituto de Ecología.
- McIntyre, B. D., Herren, H. R., Wakhungu, J., y Watson, R. T. (2009). Agriculture at a crossroads: IAASTD global report. *Agriculture at a Crossroads: IAASTD Global Report*.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., y Randers, J. (1993). *Más allá de los límites del crecimiento*.
- Méndez, V. E., Bacon, C. M., y Cohen, R. (2016). Agroecology as a transdisciplinary, participatory, and action-oriented approach. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(1), 3–18.
- Morales, J. (2005). Desarrollo regional desde lo local. La red de alternativas sustentables agropecuarias de Jalisco. *Desarrollo regional y sustentabilidad en México*, 407–437.
- Moreno-Hernández, A., Estrella-Chulim, N., Escobedo, S., Bustamante, A., y Gerritsen, P. R. W. (2011). Prácticas de manejo agronómico para la sustentabilidad: características y medición en agave tequilana weber en la región sierra de amula, jalisco [agronomic management practices for sustainability: characteristics and measurement in Agave tequilana Weber. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 159–169.
- Muriel, R. (2006). Gestión ambiental. *Espacio de reflexión y comunicación en Desarrollo Sostenible*, 3(13).
- Murillo, J. G. G. (2021). Las denominaciones de origen en jalisco: tequila. *letras jurídicas*, 31, 1–20.

- Nebel, B. J., y Wright, R. T. (1999). *Ciencias ambientales: ecología y desarrollo sostenible* (S. L. Snavely, T. K. Ryu, & P. F. Corey, Eds.; 6a ed.). Prentice Hall Hispanoamérica.
- Nicholls, C. I., Altieri, M. A., y Vázquez, L. L. (2015). Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología*, 10(1), 61–72.
- Nieves-Hernández, G., Luquín-Sánchez, H., y Ayala-Ramírez, J. Ma. (2007). Fibras y artesanías con Agave en Jalisco. En J. A. Vázquez-García, M. de J. Cházaro, G. Hernández-Vera, & E. Flores-Berrios (Eds.), *Agaves del occidente de México: Vol. Volumen 3* (pp. 11–122). Universidad de Guadalajara.
- Niño, V. E. (1989). La problemática y las posibilidades de desarrollo de la población rural. *Memoria de la ponencia presentada en Cocoyoc, Morelos*.
- NJDARM. (2004, abril). *Hoja informativa sobre sustancias peligrosas: Malatión*. <https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1150sp.pdf>.
- Ortega Gómez, P., Infante Jiménez, Z. T., Francisco, C., y Paniagua, O. (2020). Acuerdos internacionales, agricultura orgánica y sustentabilidad. En *Factores críticos y estratégicos en la interacción territorial desafíos actuales y escenarios futuros* (Vol. 3, pp. 362–384). <http://ru.iiec.unam.mx/id/eprint/5059>
- Otta, S., Quiroz, J., Juaneda, E., Salva, J., Viani, M., y Filippini, M. F. (2016). Evaluación de sustentabilidad de un modelo extensivo de cría bovina en Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 48(1), 179–195.
- Palacios, A. M., Mendoza, S. A. C., González, R. R., Alberto, A. A., Lobit, P., y Prat, C. (2015). Orientación a la luz de la plantación de Agave cupreata Trel. y Berger, bajo manejo integral, Tzitzio, Mich. *Monocultivo y sistemas agresivos de manejo asociados a plagas y enfermedades en plantaciones de Agave Cupreata en Michoacán.....* 83, 63.
- Pengue, W. (2005). La importancia de la agricultura familiar en el desarrollo rural sostenible. *La Tierra. Federación Agraria Argentina*, 93(7426).
- Pérez, C. (2007). Mezcales tradicionales de los pueblos de México, herencia cultural y biodiversidad. *Ciencias*, 087.
- Pérez, J. F. (2011). Distribución, Biología y Etología de los Insectos Dañinos en el Cultivo del Agave azul tequilero. En G. A. Briceño, S. Hurtado, P. Díaz, y F. Pérez (Eds.), *Foro de discusión fitosanitaria en el cultivo del agave azul tequilero* (pp. 73–78). Consejo Regulador del Tequila.
- Pérez-Domínguez, J. F., y Rubio-Cortés, R. (2007). Tecnología de manejo y control de plagas del agave. *Conocimiento y Prácticas Agronómicas para la Producción de Agave tequilana Weber en la Zona de Denominación de Origen del Tequila.*, 135–168.

- Pérez-García, J. N. (2020). Causas de la pérdida global de biodiversidad. *Revista de la asociación colombiana de ciencias biológicas*, 1(32), 183–198. <https://doi.org/10.47499/revistaacsb.v1i32.219>
- PLANEACIÓN. (2019). *Información estadística básica municipio: 028 mezquital del oro*.
- PLANEACIÓN. (2020). *Cifras Censo de Población y Vivienda 2020*.
- Pollnow, F. E. G. F. y G. E. (2021). *Relevo generacional e instalación de jóvenes en la agricultura*. Fundación de Estudios Rurales.
- Prager, M., Restrepo, J. M., Ángel-Sánchez, D. I., Malagón, R., y Zamorano-Montañez, A. (2002). Agroecología: Una disciplina para el estudio y desarrollo de sistemas sostenibles de producción agropecuaria. *Editorial UN*.
- Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 447–465.
- PueblosAmerica.com. (2022, mayo 25). *Mezquital del Oro (Municipio)*. <https://mexico.pueblosamerica.com/zacatecas/mezquital-del-oro/>.
- Ramírez, I. V. (2002). *Diagnóstico del estado de sanidad del agave (Agave tequilana Weber variedad azul) en la zona protegida por la denominación de origen del tequila*.
- Ramírez, Q. O., Speelman, E. N., Astier, M., y Galván-Miyoshi, Y. (2009). *El marco mesmis, estudios de caso en iberoamérica y norteamérica*.
- Ramírez Treviño, A., Sánchez Núñez, J. M., y García Camacho, A. (2003). *El desarrollo sustentable: interpretación y análisis*.
- Registro Agrario Nacional. (2018, octubre 12). *¿Qué son las Sociedades Rurales?* <https://www.gob.mx/ran/es/articulos/que-son-las-sociedades-rurales?idiom=es>.
- Rivas-Infante, C. A., Garza-Bueno, L. E., y Mejía-Hernández, J. M. G. (2018). Una experiencia de productores sobre retención de riqueza y su contribución para reducir el intermediarismo. *agric. soc. desarro*, vol.15(n.3), 379–397.
- Rizo-Mustelier, M., Vuelta-Lorenzo, D. R., y Lorenzo-García, A. M. (2017). Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad. *Ciencia en su PC*, 2, 106–120.
- Robledo-Arratia, L. (2015). *La historia de la agricultura y los cultivos transgénicos*. Cienciorama.
- Rodríguez Contreras, F. E., Martínez Rivera, L. M., y Palomera García, C. (2017). Contextualización socioambiental del agave en Tonaya, Jalisco, México. *Región y sociedad*, 29(70), 71–102.

- Rojas, L. A. (2001). La labranza mínima como práctica de producción sostenible en granos básicos. *Agronomía mesoamericana*, 12(2), 209–212.
- Romero, Á. O. (2021). *La expansión del agave en Guanajuato. La denominación de origen que amenaza a los ecosistemas*.
- Rosset, P. (1998). *La crisis de la agricultura convencional, la sustitución de insumos y el enfoque agroecológico*. Food First. Institute for Food and Development Policy.
- Ruiz Corral, J., García, G., ACUÑA, I., Flores, H., y Ojeda, G. (2020). *Requerimientos agroecológicos de cultivos 2da Edición* (Número July).
- Ruiz-Corral, J. A. (2007). Requerimientos agroecológicos y potencial productivo del agave Agave tequilana Weber. En J. F. Pérez y J. I. Del Real (Eds.), *Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila* (pp. 11–36). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro.
- Rzedowski, J. (2006). *vegetación de México*. Limusa, Noriega Editores México.
- Sachs, J. D. (2015). *La era del desarrollo sostenible*. Deusto Barcelona.
- SAGARPA. (2016). *Agave Tequilero y Mezcalero*.
- SAGARPA, y FAO. (2014). *Estudio sobre el envejecimiento de la población rural en México*. www.sagarpa.gob.mxwww.fao.org
- Salas, C., y Pinoargote, M. (2018). Conceptos y bases Teóricas. En *Agricultura sostenible: Generalidades y casos prácticos* (pp. 15–23). Ediciones Uleam.
- Salgado-Sánchez, R. (2015). Agricultura sustentable y sus posibilidades en relación con consumidores urbanos. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 23, 113–140.
- Sánchez-Soto, A. (2016). Necesidades de información y comportamiento informativo de los agricultores de agave azul de Tequila, Jalisco: un estudio de caso. *Investigación bibliotecológica*, 30(69), 143–178.
- Sarandón, S. J. (2002). El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. *Agroecología: El camino para una agricultura sustentable*, 20, 393–414.
- Sarandón, S. J. (2020). Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable. *Libros de Cátedra*.
- Sarandón, S. J., y Flores, C. C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología*, 4, 19–28.
- Sarandón, S. J., y Flores, C. C. (2014). Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. En *Agroecología : bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Editorial de la Universidad

- Sarandón, S. J., Zuluaga, M. S., Cieza, R., Janjetic, L., y Negrete, E. (2006). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*, 1, 19–28.
- SENASICA. (2015). *Manual de plagas y enfermedades del agave*. 28. <http://publico.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?IdDocumento=30133&IdUrl=81268&objeto=Documento&IdObjetoBase=30133&down=true>
- SENASICA. (2017). *Guía para el cultivo orgánico de Agave tequilana Weber variedad azul con denominación de origen*.
- Sevilla-Guzmán, E., y Soler-Montiel, M. M. (2010). Agroecología y soberanía alimentaria: alternativas a la globalización agroalimentaria. *Patrimonio cultural en la nueva ruralidad andaluza*.
- SIAP. (2022, mayo 26). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- SIFATEC. (2020, mayo). *Hoja de datos de seguridad: monocrotofos 600*. <https://sifatec.com.mx/wp-content/uploads/2015/09/Monocrotofos.pdf>.
- Speelman, E. N., López-Ridaura, S., Colomer, N. A., Astier, M., y Masera, O. R. (2007). Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 14(4), 345–361.
- Tansley, A. G. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 16(3), 284–307.
- Toledo, V. M., y Barrera-Bassols, N. (2017). Political agroecology in Mexico: a path toward sustainability. *Sustainability*, 9(2), 268.
- Tonolli, A. J., y Ferrer Gonzalez, C. S. (2018). *Comparación de marcos de evaluación de agroecosistemas*.
- Toro, P., García, A., Gómez-Castro, A. G., Perea, J., Acero, R., y Rodríguez-Estévez, V. (2010). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas. *Archivos de zootecnia*, 59(232), 71–94.
- Torres-Lima, P., Rodríguez-Sánchez, L., y Sánchez-Jerónimo, Ó. (2004). Evaluación de la sustentabilidad del desarrollo regional: El marco de la agricultura. *Región y sociedad*, 16(29), 109–144.
- Triana-Velasquez, T. M., Henao-Muñoz, L. M., y Bernal-Bautista, M. H. (2017). Toxicidad aguda del insecticida cipermetrina (Cypermon ® 20 EC) En cuatro especies de anuros colombianos. *Acta Biológica Colombiana*, 22, 340–347.

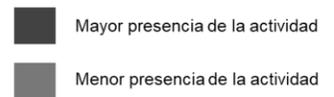
- Trinidad-Santos, A. (2016). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agro Productividad*, 9(8).
- UNA. (2022a, agosto 5). *Monocrotofos*. <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/400-monocrotofos>.
- UNA. (2022b, agosto 5). *Permetrina*. <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/445-permetrina>.
- Uvalle, J. X., Vélez, C., y Ramírez, A. (2007). Muestreo y análisis de suelo en plantaciones de agave. En *Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila* (pp. 37–55). Centro de investigación regional del pacífico centro campo experimental centro-altos de Jalisco.
- Valenzuela-Zapata, A. G. (2006). Agave azul. Historia por venir. *Itinerarios culturales y rutas del patrimonio*, 145–157.
- Vázquez-García, J. A. (2004). *Flora del norte de Jalisco y etnobotánica huichola*. Universidad de Guadalajara.
- Vázquez-Elorza, A., Sánchez-Osorio, E., Pérez-Ramírez, M., Contreras-Medina, D., Pardo-Núñez, J., Figueroa-Galván, N., y Gallardo-Valdez, J. (2017). Perspectivas sociales, históricas y económicas del agave en México: Una mirada a sus problemáticas, producción, aprovechamiento y consumo. Panorama del aprovechamiento de los agaves en México. *Panorama del Aprovechamiento de los Agaves en México; Agared-Red Temática Mexicana Aprovechamiento Integral Sustentable y Biotecnología de los Agaves: Guadalajara, México*, 249–293.
- Vázquez-Pérez, N., Blancas, J., Torres-García, I., García-Mendoza, A., Casas, A., Moreno-Calles, A. I., Maldonado-Almanza, B., y Rendón-Aguilar, B. (2020). Traditional knowledge and management of Agave Karwinskii in Southern Mexico. *Botanical Sciences*, 98(2), 328–347. <https://doi.org/10.17129/BOTSCI.2421>
- Viales López, G. (2014). Intoxicación por Paraquat. *Medicina Legal de Costa Rica*, 31, 88–94.
- Violante-González, J., Monks, S., y Esparza-Ibarra, E. (2015). *DigitalCommons @ University of Nebraska - Lincoln Los agaves mezcaleros del altiplano Potosino y Zacatecano. January*.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., y David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for sustainable development*, 29(4), 503–515.
- Wojtkowski, P. (2019). *Agroecology: simplified and Explained*. Springer.

- Yadav, S. K., Banerjee, A., Jhariya, M. K., Raj, A., Khan, N., Meena, R. S., y Kumar, S. (2021). Agroecology Towards Environmental Sustainability. En *Sustainable Intensification for Agroecosystem Services and Management* (pp. 323–352). Springer.
- Yáñez Martínez, R., y Zavarce Castillo, C. (2009). Desarrollo Sustentable: ¿Desafío o Compromiso? *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 1(3), 73–85. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215016887007>
- Zapata, A. G. (2010). Las denominaciones de origen Tequila y Mezcal y la biodiversidad en el género *Agave* sp. *Revista VirtualPRO*, 1–20.
- Zapata, A. G. V., y Gaytán, M. S. (2009). La expansión tequilera y las mujeres en la industria: del símbolo al testimonio. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 18, 167–195.
- Zapata, A. G. V. (2003). *El agave tequilero: cultivo e industria de México*. Mundi-Prensa. <https://books.google.com.mx/books?id=b1xjAAAAMAAJ>

ANEXOS

Anexo 1. Calendario de las actividades agrícolas

Actividades Agrícolas	Enero	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Plantación												
Aplicación de agroquímicos												
Fertilización y foliación												
Poda												
Desquiete												
Jima												



Anexo 2. Cuestionario



Colegio de
Postgraduados



POSGRADO EN
AGROECOLOGÍA Y
SUSTENTABILIDAD
MAESTRÍA CAMPUS MONTECILLO

CUESTIONARIO SOBRE LA SUSTENTABILIDAD EN EL AGROECOSISTEMA DE AGAVE AZUL EN EL MUNICIPIO DE MEZQUITAL DEL ORO, ZACATECAS

Buenos días o tardes, mi nombre es Emiliano Pérez Robles, estudiante de la maestría en ciencias en Agroecología y Sustentabilidad en el Colegio de Posgraduados campus Montecillo, Texcoco; estoy realizando una de tesis con el fin de obtener un proyecto de evaluación de la sustentabilidad en el agroecosistema de agave azul en el sur de Zacatecas. La encuesta se aplicará a agricultores del municipio de Mezquital del Oro, Zacatecas. Por ello, todos los datos que nos proporcione son con fines académicos, y serán tratados de forma confidencial.

OBJETIVO: Evaluar la sustentabilidad de la producción del agroecosistema de agave azul en el municipio de Mezquital del Oro, Zacatecas.

Instrucciones generales: Lea y conteste cada una de las preguntas de cada sección.

I. PREGUNTAS SOCIODEMOGRÁFICAS

Instrucciones: Marque con una (x) el ítem o ítems que corresponde o escriba la respuesta de las siguientes preguntas.

P1.	Nombre del entrevistado (Opcional)	
P2.	Edad (Años cumplidos)	
P3.	Género:	1. () Masculino 2. () Femenino
P4.	Estado Civil:	1. () Soltero 2. () Casado 3. () Unión libre

	4. () Divorciado 5. () Viudo
P5. ¿Sabe leer y escribir?	1. () Si 2. () No
P6. La casa en que vive es:	1. () Propia 2. () Rentada 3. () Prestada 4. () Otro:
P7. Último año de estudio	1. () Sin educación/primaria incompleta. 2. () Primaria completa. 3. () Secundaria incompleta. 4. () Secundaria completa. 5. () Preparatoria incompleta. 6. () Preparatoria completa. 7. () Universidad incompleta. (Especifique carrera)_ _____ 8. () Universidad completa. (Especifique carrera) _____ 9. () Otro: _____

II. RECONOCIMIENTO Y SUSTENTABILIDAD DEL AGROECOSISTEMA (INDICE TÉCNICO PRODUCTIVO)

Instrucciones: Marque con una (x) el ítem o ítems que corresponde o escriba la respuesta de las siguientes preguntas.

Atributo de Productividad

Rendimiento	
P8. Hectáreas exclusivas de agave	
P9. Tipo de tenencia de las plantaciones NOTA: Elija una o varias opciones	P9.1 () De su propiedad P9.2 () Rentada P9.3 () Tomado a mediería o en aparcería P9.4 () Prestada P9.5 () Lo tiene en otra forma (especifique):
P10. Densidad de las plantas por	

hectárea						
P11.	Promedio de peso de la piña al ser cosechada (Kg)					
P12.	Pérdida de cosecha al finalizar el cultivo	1. () Ninguna 2. () Muy poca 3. () Poca 4. () Mucha 5. () Demasiada				
P13.	¿A qué cree que se deba esto?					
Eficiencia Orgánica						
P14.	Utilización de materia orgánica Nota: Si su respuesta es No, pase a P19	1. Sí () 2. No ()				
P15.	Finalidad del rastrojo o residuo del cultivo NOTA: Elija una o varias opciones	P15.1 () Lo quema P15.2 () Lo incorpora a una composta P15.3 () Lo incorpora al suelo del predio P15.4 () Lo lleva al basurero P15.5 () Lo utiliza como forraje para el ganado P15.6 () Otro (especifique)_____				
P16.	¿Cuánto de los siguientes abonos orgánicos utiliza en la producción de agave? Nota: Marque con una "x" el ítem que considere más adecuado					
	Abono	Nada	Muy poco	Poco	Mucho	Demasiado
	P16.1 Hojas de agave					
	P16.2 Estiércol					
	P16.3 Composta					
	P16.4 Lombricomposta					
	P16.5 Abonos verdes					
	P16.6 Bio preparados					
	P16.7 Otro:					
P17.	¿Dónde consigue el o los abonos?	P17.1 () Usted los prepara o son de su predio o granja				

NOTA: Elija una o varias opciones	P17.2 () Dentro del municipio P17.3 () De otro municipio del estado P17.4 () De otro estado P17.5 () Otro:
--	---

Atributo de Estabilidad, resiliencia y confiabilidad

Índice de Diversificación Agropecuaria (IDA)	
P18. Cultivos que acompañan al agave en su o sus parcelas NOTA: si su respuesta es Ninguno, pase a la P21	P18.1 () Ninguno P18.2 () Maíz forrajero en verde P18.3 () Maíz grano P18.4 () Alfalfa P18.5 () Sorgo forrajero en verde P18.6 () Frijol P18.7 () Limón P18.8 () Otro(s):
P19. ¿Por qué siembra otros cultivos en su o sus parcelas? NOTA: Elija una o varias opciones	P19.1 () Obtener productos para autoconsumo P19.2 () Obtener otros productos para comercialización P19.3 () Aprovechar espacio de la parcela P19.4 () Mejorar las propiedades del suelo P19.5 () Otro:
P20. Al finalizar el ciclo de cultivo del agave, ¿siembra otro tipo de planta antes de volver a sembrar agave? NOTA: Si su respuesta es No, pase a P22	1. Sí () 2. No ()
P21. ¿Por qué? NOTA: Elija una o varias opciones	P21.1 () Pérdida de interés en el cultivo de agave P21.2 () El cultivo de agave requiere mucho mantenimiento y trabajo P21.3 () Carencia económica para mantener el cultivo de agave P21.4 () El precio fluctuante de la piña P21.5 () Evitar degradar el suelo y mejorar su calidad P21.6 () Generar productos para autoconsumo

	antes de volver a sembrar agave					
	P21.7 () Generar producto para el ganado					
	P21.8 () Otro:					
P22. Plantas diferentes a cultivos en sus predios	P22.1 () Ninguna					
	P22.2 () Pastos					
	P22.3 () Malas hierbas					
	P22.4 () Árboles					
	P22.5 () Arbustos					
	P22.6 () Arbustivas					
P23. Pastoreo dentro de la parcela de agave	1. () Ninguno					
	2. () Muy poco					
	3. () Poco					
	4. () Mucho					
	5. () Demasiado					
P24. Cantidad de ganado de pastoreo	1. () Muy poco					
	2. () Poco					
	3. () Mucho					
	4. () Demasiado					
P25. Tipo de ganado de pastoreo	P25.1 () Vacuno					
	P25.2 () Caprino					
	P25.3 () Ovino					
	P25.4 () Caballar					
	P25.5 () Otro:					
Incidencia de plagas, enfermedades y siniestros						
P26. Según su criterio, marque qué tanto han afectado las siguientes problemáticas a su cultivo de agave:						
NOTA: Marque con una "x" el ítem que considere más adecuado						
Problemática	Nada	Muy poco	Poco	Mucho	Demasiado	Fecha en que se presenta el problema
P26.1 Plagas						
P26.2 Enfermedades						
P26.3 Arvenses (Malezas)						
P26.4 Desnutrición						
P26.5 Heladas						
P26.6 Granizadas						
P26.7 Falta de agua (sequías)						
P26.8 Exceso de agua (inundaciones)						

P26.9 Suelos infértiles						
P26.10 Otro:						
<p>P27. Según su criterio, ¿cuál es el nivel de daño que han causado las siguientes plagas y enfermedades en el tiempo que lleva cultivando agave?</p> <p style="text-align: center;">NOTA: Marque con una "x" el ítem que considere más adecuado</p>						
	No se ha presentado	Muy poco daño	Poco daño	Mucho daño	Demasiado daño	Fecha en que se presenta el problema
Plagas						
P27.1 Gallina ciega (<i>Phyllophaga spp.</i> ; <i>Cyclocephala spp.</i>)						
P27.2 Gusano del agave (<i>Aegiale hesperiaris</i>)						
P27.3 Escarabajo rinoceronte (<i>Strategus aloeus</i>)						
P27.4 Picudo del agave (<i>Scyphophorus acupunctatus</i>)						
P27.5 Cerambicido del agave (<i>Acanthoderes funerarius</i>)						
P27.6 Piojo harinoso (<i>Pseudococcus sp.</i>)						
P27.7 Escama armada (<i>Acutaspis agavis</i>)						
P27.8 Chinche del agave (<i>Caulatops agavis</i>)						
P27.8 Barrenador de Pencas de agave (<i>Agathymus rethon</i>)						
P27.10 Chapulines						
P27.11 Otro (s):						
Enfermedades						
P27.12 Anillo rojo						
P27.13 Mancha gris o tizón foliar (<i>Cercospora sp.</i>)						

P27.14 Mancha anular (<i>Didymosphaeria sp.</i>)						
P27.15 Pudrición del cogollo (<i>Erwinia grupo carotovora</i>)						
P27.16 Marchitez o Sida (<i>Fusarium oxysporum</i>)						
P27.17 Otro (s):						

Atributo de Presión

Uso de suelo	
P28. ¿Realizó un estudio o análisis previo de su o sus parcelas para saber si eran optimas para sembrar agave?	1. Sí () 2. No ()
P29. ¿Se desmontó para realizar la siembra de agave?	1. Sí () 2. No ()
P30. ¿Tenía un cultivo diferente antes de sembrar el agave azul? NOTA: Elija una o varias opciones	P30.1 () Ninguno P30.2 () Maíz forrajero en verde P30.3 () Maíz grano P30.4 () Alfalfa P30.5 () Sorgo forrajero en verde P30.6 () Frijol P30.7 () Otro(s):
P31. Bajo su criterio, ¿cuál es el nivel de erosión en los suelos de su o sus parcelas?	1. () Ninguna 2. () Muy poca 3. () Poca 4. () Mucha 5. () Demasiada
P32. ¿Con cuál frecuencia utiliza maquinaria pesada dentro de su o sus parcelas?	1. () Nunca 2. () Muy poca 3. () Poca 4. () Mucha 5. () Siempre
P33. Para el manejo de arvenses (malezas),	1. () Nunca

<p>¿con cuál frecuencia utiliza alguna herramienta manual como coa, pala, azadón o machete?</p>	<p>2. () Muy poca 3. () Poca 4. () Mucha 5. () Siempre</p>
<p>P34. Prácticas que realiza para evitar la erosión o pérdida del suelo</p> <p>NOTA: Elija una o varias opciones</p>	<p>P34.1 () Mantiene la cobertura vegetal P34.2 () Planta el agave con orientación de los surcos inverso a la pendiente P34.3 () Con curvas a nivel P34.4 () Otras obras (Especifique)</p>
<p>P35. Siembra escalonada por edades del agave</p> <p>NOTA: Si la respuesta es No, pasar a la P38</p>	<p>1. Sí () 2. No ()</p>
<p>P36. ¿Por qué realiza esta técnica?</p> <p>NOTA: Elija una o varias opciones</p>	<p>P36.1 () Evitar pérdidas en la producción P36.2 () Aprovechamiento del predio P36.3 () Mejoramiento de la calidad del suelo P36.4 () Otro:</p>
<p>P37. Edades de los agaves en su o sus predios</p> <p>NOTA: Elija una o varias opciones</p>	<p>P37.1() 1 año P37.2() 2 años P37.3() 3 años P37.4() 4 años P37.5() 5 años P37.6() 6 años P37.7() 7 a 8 años</p>
<p>P38. Tiempo que deja descansar la tierra tras finalizar el ciclo de cultivo del agave</p>	<p>1. () Nada 2. () Muy poco 3. () Poco 4. () Mucho 5. () Demasiado</p>
<p>P39. ¿Por qué?</p>	

Prácticas agrícolas

<p>P40. ¿De dónde consigue los hijuelos para la siembra del agave?</p> <p>NOTA: Si los consigue de más de un sitio, indique cuál es el principal poniendo 1 en la casilla y 2 en el secundario.</p>	<p>P40.1(<input type="checkbox"/>) De su propia parcela</p> <p>P40.2(<input type="checkbox"/>) Desde otras parcelas dentro del municipio</p> <p>P40.3(<input type="checkbox"/>) Desde otro municipio (especifique el municipio)_____</p> <p>P40.4(<input type="checkbox"/>) Desde otro estado (especifique el estado)_____</p> <p>P40.5(<input type="checkbox"/>) De otro lugar (especifique)_____</p>
<p>P41. Precio promedio actual por hijuelo</p>	
<p>P42. Mes o meses en que siembra los hijuelos</p>	
<p>P43. ¿Con qué frecuencia realiza la desinfección de los hijuelos antes de sembrarlos?</p> <p>NOTA: Si la respuesta es Nunca, pasar a la P45</p>	<p>1. (<input type="checkbox"/>) Nunca</p> <p>2. (<input type="checkbox"/>) Muy pocas veces</p> <p>3. (<input type="checkbox"/>) Pocas veces</p> <p>4. (<input type="checkbox"/>) Muchas veces</p> <p>5. (<input type="checkbox"/>) Siempre</p>
<p>P44. Tipo de desinfección que realiza en los hijuelos</p>	<p>P44.1 (<input type="checkbox"/>) Agua caliente</p> <p>P44.2 (<input type="checkbox"/>) Cal</p> <p>P44.3 (<input type="checkbox"/>) Producto químico</p> <p>P44.4 (<input type="checkbox"/>) Producto orgánico</p> <p>P44.5 (<input type="checkbox"/>) Otro</p>
<p>P45. ¿Riega sus plantaciones de agave?</p>	<p>1. Sí (<input type="checkbox"/>) 2. No (<input type="checkbox"/>)</p>
<p>P46. Meses de la aplicación de insecticidas y herbicidas</p>	
<p>P47. En su consideración, ¿cuánto utiliza de los siguientes insumos en el ciclo productivo del agave? Indicar cuales son los más relevantes o los que más utiliza.</p> <p>NOTA: Marque con una "x" el ítem que considere más adecuado</p>	

Insumo	Nada	Muy poco	Poco	Mucho	Demasiado	Cuáles utiliza
P47.1 Cal						
P47.2 Herbicida químico						
P47.3 Herbicida orgánico						
P47.4 Insecticida químico						
P47.5 Insecticida orgánico						
P47.6 Fungicida químico						
P47.7 Fungicida orgánico						
P47.8 Bactericida químico						
P47.9 Bactericida orgánico						
P47.10 Fertilizante químico						

P47.11 Fertilizante orgánico						
P47.12 Otro_____						
P48. ¿De dónde adquiere los insumos químicos que utiliza? NOTA: Elija una o varias opciones	P48.1 () De su municipio P48.2 () De otro municipio (especifique cual) _____ P48.3 () De otro estado (especifique cual) _____ P48.4 () De otro país (especifique cual)					
P49. Si utiliza insumos orgánicos, ¿de dónde los adquiere? NOTA: Elija una o varias opciones	P49.1 () De su municipio P49.2 () De otro municipio (especifique cual) _____ P49.3 () De otro estado (especifique cual) _____ P48.4 () De otro país (especifique cual)					
P50. Meses en los realiza labores de fertilización o folia el agave						
P51. Mes o meses en que realiza la poda o barbeo						
P52. Edad que tiene el agave al realizarle la poda o barbeo						
P53. Mes o meses en que lleva a cabo el desquiate o capazón						
P54. Edad que tiene el agave al realizarle el desquiate o capazón						
P55. Mes o meses en que se realiza la						

cosecha o jima	
P56. Edad que tiene el agave cuando lo cosecha o jima	

III. DIMENSIÓN ECONÓMICA EN EL AGROECOSISTEMA

Instrucciones: Marque con una (x) el ítem o ítems que corresponde o escriba la respuesta de las siguientes preguntas.

Atributo de Estabilidad, resiliencia y confiabilidad

Dificultad para comercialización	
P57. ¿Cuán seguro está de tener garantizada la venta de su producción anual?	1. () Nada 2. () Muy poco 3. () Poco 4. () Mucho 5. () Demasiado
P58. ¿Por qué?	
P59. ¿Quién compra su producción anual de piña? NOTA: Si tiene más de un comprador, indique cuál es el principal poniendo 1 en la casilla y 2 en el secundario.	P59.1 () Otro agavero P59.2 () Mezcalera del municipio P59.3 () Mezcalera de otro municipio o municipios del estado (especifique cuál) _____ P59.4 () Mezcalera de otro estado (especifique cuál) _____ P59.5 () Tequilera de Jalisco (especifique el municipio o los municipios) _____ P59.6 () A otro (especifique) _____

P60. Según su criterio, ¿qué tan fluctuante es el precio de la piña?	1. () No fluctúa 2. () Muy poco 3. () Poco 4. () Mucho 5. () Demasiado
P61. Según su criterio, ¿qué tan rentable es el cultivo del agave actualmente?	1. () No es rentable 2. () Muy poco 3. () Poco 4. () Mucho 5. () Demasiado
P62. ¿A qué cree que se deba esto?	

Atributo Equidad

Actividades generadoras de ingresos					
P63. ¿Cuánto invierte en la producción de agave de manera anual?	1. () Muy poca inversión 2. () Poca inversión 3. () La inversión justa 4. () Más de lo que debería 5. () Una inversión exagerada				
P64. Las siguientes actividades, ¿cuánto valor agregado aportan a su inversión anual?					
NOTA: Marque con una "x" el ítem que considere más adecuado					
Actividad	Nada	Muy poco	Poco	Mucho	Demasiado
P64.1 Transformación a mezcal y venta de este producto					
P64.2 Venta de residuos como abonos					
P64.3 Otro insumo producto de la transformación del agave, indique cuál _____					
P64.4 Venta de las hojas					

P64.5	Venta de ixtle					
P64.6	Venta de hijuelos					
P64.7	Venta de otros cultivos que acompañan al agave					
P65.	¿Qué tan seguro está de volver a invertir en producir agave una vez obtenida la producción total que tiene sembrada?	1. () Nada 2. () Muy poco 3. () Poco 4. () Mucho 5. () Demasiado				
P66.	¿Por qué?					

Atributo de Autogestión

Grado de dependencia externa					
P67. Según su criterio, califique cuánto invierte de manera anual en los siguientes gastos:					
NOTA: Marque con una "x" el ítem que considere más adecuado					
Gasto	Nada	Muy poco	Poco	Mucho	Demasiado
P67.1 Compra de hijuelo					
P67.2 Agua					
P67.3 Pago a jornaleros					
P67.4 Pago de asistencia técnica					
P67.5 Renta de maquinaria					
P67.6 Compra de herramientas manuales					
P67.7 Agroquímicos					
P67.8 Productos orgánicos para fertilización o control de plagas y enfermedades					
P67.9 Transporte del producto					
P67.10 Jima					
P67.11 Otro (especificar)					

Dependencia del capital para producir	
P68. ¿Cómo ha financiado la inversión inicial del cultivo de agave? NOTA: Elija una o varias opciones	P68.1 () Recursos propios P68.2 () Crédito o Préstamo bancarios P68.3 () Préstamo de terciario P68.4 () Recursos del ayuntamiento P68.5 () Programa gubernamental P68.6 () Otros (especifique)_____
P69. ¿Con cuánta frecuencia ha necesitado apoyo económico externo para seguir produciendo o comercializando su producto?	1. () Nunca 2. () Muy poca 3. () Poca 4. () Mucha 5. () Demasiada
P70. ¿De cuál de los siguientes programas recibe apoyo económico para sobrellevar la producción o comercialización del agave? NOTA: Elija una o varias opciones	P70.1 () No recibe apoyo de ningún programa P70.2 () Producción para el Bienestar (SADER) P70.3 () Fertilizantes para el Bienestar (SADER) P70.4 () Programa de Fomento a la Productividad Agrícola (SECAMPO) P70.5 () Créditos para el Desarrollo Social (SEDESOL, Zac) P70.6 () Créditos para Proyectos Productivos (SEDESOL, Zac) P70.7 () Programa Pensión para Adultos Mayores (BIENESTAR) P70.8 () Programa Sembrando Vida (BIENESTAR) P70.9 () Otro:

IV. DIMENSIÓN SOCIAL EN EL AGROECOSISTEMA

Instrucciones: Marque con una (x) el ítem o ítems que corresponde o escriba la respuesta de las siguientes preguntas.

Atributo de Adaptabilidad

Asimilación de innovaciones	
P71. ¿Cuánto cree usted que los insumos y el	1. () Nada

sistema que utiliza para su producción dañan el medio ambiente?	2. () Muy poco 3. () Poco 4. () Mucho 5. () Demasiado
P72. ¿Por qué?	
P73. ¿Usted considera que pudiese producir el agave sin aplicar ningún producto agroquímico?	1. () Si 2. () No
P74. ¿Por qué?	
P75. ¿Sabía usted que en la producción orgánica o agroecológica no se utiliza ningún producto químico?	1. () Si 2. () No
P76. A su criterio, ¿qué tan seguro estaría de cambiar su sistema de manejo actual de su cultivo de agave a uno orgánico o agroecológico?	1. () Nada 2. () Muy poco 3. () Poco 4. () Mucho 5. () Demasiado
P77. ¿Por qué?	
Participación familiar en las labores agrícolas	
P78. ¿De qué familiares recibe auxilio en actividades agrícolas?	P78.1 () Ninguno P78.2 () Padre P78.3 () Madre

NOTA: Elija una o varias opciones, si elige P78.1 pasar a la P80		P78.4 () Primo (a) P78.5 () Tío (a) P78.6 () Hijo (a) P78.7 () Otro:				
P79. Si recibe auxilio de su familia en las labores agrícolas, seleccione cuánto apoyo recibe en las siguientes actividades: NOTA: Marque con una "x" el ítem que considere más adecuado						
	Actividad	Nada	Muy poco	Poco	Mucho	Demasiado
P79.1	Siembra					
P79.2	Poda					
P79.3	Aplicación de agroquímicos orgánicos					
P79.4	Riego					
P79.5	Cultivo					
P79.6	Transporte					
P79.7	Venta o comercialización					
Riesgo de relevo intergeneracional						
P80.	¿Qué tan seguro está de que por lo menos uno de sus hijos o hijas, de tenerlos, continuará con la producción de agave azul?	1. () Nada 2. () Muy poco 3. () Poco 4. () Mucho 5. () Demasiado				
P81.	¿Por qué?					

Atributo de Equidad

Índice de Conocimiento del Agroecosistema (ICA)	
P82.	¿Cuántos años tiene sembrando agave?
P83.	¿Por qué decidió iniciar con este cultivo?

P84. ¿Quién le enseñó a cultivar agave?	
---	--

Atributo de Autogestión

No dependencia de asistencia técnica						
P85. ¿Cuánta capacitación recibió para iniciar la siembra del agave?	1. () Ninguna 2. () Muy poca 3. () Poca 4. () Mucha 5. () Demasiada					
P86. ¿De dónde obtuvo esta capacitación? NOTA: Elija una o varias opciones	P86.1 () Agrónomo P86.2 () Otro tipo de especialista P86.3 () Cursos particulares P86.4 () Cursos por parte de gobierno P86.5 () Talleres particulares P86.6 () Talleres por parte de gobierno P86.7 () Otro:					
P87. ¿Cuánta capacitación ha recibido una vez iniciada la siembra del agave?	1. () Ninguna 2. () Muy poca 3. () Poca 4. () Mucha 5. () Demasiada					
P88. ¿De dónde obtuvo esta capacitación? NOTA: Elija una o varias opciones	P88.1 () Agrónomo P88.2 () Otro tipo de especialista P88.3 () Cursos particulares P88.4 () Cursos por parte de gobierno P88.5 () Talleres particulares P88.6 () Talleres por parte de gobierno P88.7 () Otro:					
P89. ¿Cuánta ayuda necesita de un técnico para que lo guie (o a sus trabajadores) en las siguientes labores? NOTA: Marque con una "x" el ítem que considere más adecuado						
	Labores	Nada	Muy poco	Poco	Mucho	Demasiado
P89.1	Análisis de suelo					
P89.2	Preparación del suelo					

P89.3	Selección de hijuelos					
P89.4	Siembra					
P89.5	Aplicación de agroquímicos					
P89.6	Poda o barbeo					
P89.7	Cosecha					
P89.8	Transporte					
P89.9	Venta					
P89.10	Otro (especificar)					

Formas de organización de productores

P90. ¿Pertenece a una sociedad o asociación organizada para la producción de agave azul?	P90.1 () Cooperativas P90.2 () Sociedades de Producción Rural (SPR) P90.3 () Unión de Sociedad de Producción Rural (USPR) P90.4 () Sociedades de Solidaridad Social (SSS) P90.5 () Organización de Sociedad Civil (AC) P90.6 () Otro:
--	--

P91. A su criterio, formar parte de esta asociación le ha ayudado a:

NOTA: Marque con una "x" el ítem que considere más adecuado

Labores	Nada	Muy poco	Poco	Mucho	Demasiado
P91.1 Compras de insumos					
P91.2 Venta del producto					
P91.3 Mejorar las decisiones de siembra					
P91.4 Unión de créditos					
P91.5 Intercambios de conocimientos					
P91.6 Para la conversión del agave					

P92. De no existir una asociación o cooperativa dentro del municipio dedicada a la producción de agave azul, ¿cuán importante cree que sería organizarla o tenerla?	1. () Ninguna 2. () Muy poca 3. () Poca 4. () Mucha
---	--

	5. () Demasiada
P93. ¿Por qué?	