



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados
Investigación y Consultoría

Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable

"HACIA UN APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE EN LA PRODUCCIÓN DE MEZCAL EN SAN DIEGO LA MESA TOCHIMILTZINGO, RESERVA ESTATAL SIERRA DEL TENTZO"

Tesis para obtener el grado de
Maestría en Ingeniería Ambiental y
Desarrollo Sustentable

Presenta

ING. SOFÍA BARRERA COBOS

Directora de tesis

DRA. MARÍA ROSA MAIMONE CELORIO

Co-directora

M.C. EDITH SALOMÉ CASTAÑEDA

Asesora

**MTRA. EN I. ALINE DEL CARMEN GONZÁLEZ
CANCHOLA**

Puebla, México

Octubre, 2020



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

Contenido

Capítulo I. Antecedentes de la investigación.....	7
Capítulo II. Planteamiento del problema.....	10
Capítulo III. Justificación de la investigación	13
Capítulo IV. Objetivos de la investigación.....	16
Capítulo V. Hipótesis.....	17
Capítulo VI. Preguntas de Investigación.....	18
Capítulo VII. Alcances y limitaciones del proyecto	19
Capítulo VIII. Marco Teórico.....	20
8.1. Definición de mezcal	20
8.2. Historia del mezcal	20
8.3. Marco Legal.	21
8.3.1. Denominación de Origen del Mezcal.....	21
8.3.2. Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas Alcohólicas-Mezcal- Especificaciones.....	23
8.3.3. Consejo Regulador del Mezcal.	26
8.4. Especies de agaves utilizadas.....	27
8.5. <i>Agave angustifolia</i>	28
8.6. <i>Agave potatorum</i>	30
8.7. Sustentabilidad en la producción del agave	33
8.7.1. Impactos negativos de la agricultura convencional.....	33
8.7.2. Agricultura sustentable.....	33
8.8. Estrategias de mitigación de los impactos negativos de la sobreexplotación de la biodiversidad	34
8.8.1. Obras de captación y filtración del agua	34
8.8.2. Obras de conservación y manejo del suelo.....	35
8.8.3. Obras de mantenimiento y manejo de la vegetación.....	36
8.8.4. Otras obras que mantengan o mejoren la provisión del servicio ambiental	36
Capítulo IX. Marco Contextual	38
9.1. Área de estudio ANP Sierra del Tentzo	38
9.1.1. Decreto	39

9.1.2.	Ubicación.	39
9.1.3.	Topografía.	41
9.1.4.	Hidrología.....	43
9.1.5.	Clima y ecosistemas.....	44
9.1.6.	Flora y Fauna.	45
9.1.7.	Población y situación socioeconómica.....	55
9.1.8.	Actividades económicas.....	56
9.2.	San Diego La Mesa Tochimiltzingo	57
9.2.1.	Ubicación.	57
9.2.2.	Topografía	58
9.2.3.	Hidrología.....	58
9.2.4.	Población y situación socioeconómica.....	58
9.2.5.	Actividades económicas.....	60
Capítulo X.	Metodología de investigación.....	61
10.1.	Metodología del Objetivo 1: Diagnóstico cadena agave-mezcal.....	61
10.1.1.	Etapa 1: Visitas prospectivas.....	61
10.1.2.	Etapa 2: Diálogo semiestructurado con informantes clave y recorridos en campo.....	61
10.1.3.	Etapa 3: Talleres participativos.....	64
10.2.	Metodología del Objetivo 2: Análisis de estructura poblacional de agave silvestre en zona núcleo de la Reserva Estatal Sierra del Tentzo	67
10.3.	Metodología del Objetivo 3: Hallar condiciones ideales para reproducción de agave en vivero	69
10.3.1.	Selección de semilla y preparación del sustrato.	69
10.3.2.	Diseño del experimento.....	73
10.3.3.	Manejo y Monitoreo.....	77
10.4.	Metodología del Objetivo 4: Propuesta de estrategia integral para la elaboración sustentable de mezcal	79
Capítulo XI.	Resultados y Discusión	82
11.1.	Resultados y Discusión del Objetivo 1	82
11.1.1.	Etapa 1: Visitas prospectivas.....	82
11.1.2.	Etapa 2: Diálogo semiestructurado con informantes clave y recorridos en campo.....	83
11.1.3.	Etapa 3: Talleres participativos.....	102

11.1.3.1.	Lluvia de ideas	102
11.1.3.2.	Árbol de problemas: diagrama de causas y efectos.....	104
11.1.3.3.	Caracterización de prácticas de manejo	106
11.2.	Resultados y Discusión del Objetivo 2	110
11.2.1.	Sitio de muestreo	110
11.2.2.	Suelo	114
11.2.3.	Especies halladas	114
11.2.4.	Estructura poblacional de <i>Agave angustifolia</i>	121
11.3.	Resultados y Discusión del Objetivo 3	128
11.4.	Resultados y Discusión del Objetivo 4	142
11.4.1.	Productor de maguey	142
11.4.1.1.	Análisis FODA	142
11.4.1.2.	Estrategias propuestas	142
11.4.1.2.1.	Establecimiento de viveros y plantaciones	142
11.4.1.2.2.	Certificación ante el Consejo Regulador de Mezcal	148
11.4.1.2.3.	Prácticas extractivas sustentables en el medio silvestre	150
11.4.1.2.4.	Repoblación del medio silvestre	152
11.4.1.2.5.	Colector pluvial en viveros	154
11.4.2.	Productor y envasador de mezcal	154
11.4.2.1.	Análisis FODA	154
11.4.2.2.	Estrategias propuestas	155
11.4.2.2.1.	Manejo de residuos- bagazo.....	155
11.4.2.2.2.	Bagazo para composta.....	155
11.4.2.2.3.	Bagazo para ecoladrillos.....	156
11.4.2.2.4.	Bagazo como sustrato.....	157
11.4.2.2.5.	Manejo de residuos- vinazas	158
11.4.2.2.6.	Bagazo y pencas de maguey como alternativas a la leña.....	159
11.4.2.2.7.	Colector pluvial en fábrica.....	160
11.4.2.2.8.	Certificación ante el Consejo Regulador de Mezcal	169
11.4.3.	Comercializador.....	181
11.4.3.1.	Análisis FODA	181
11.4.3.2.	Estrategias propuestas	181

11.4.3.2.1.	Cálculo del precio real.....	181
11.4.3.2.2.	Alianzas para tours y comercio de mezcal.....	183
11.4.3.2.3.	Certificación ante el Consejo Regulador del Mezcal	186
Capítulo XII.	Conclusiones	192
Capítulo XIII.	Referencias	195
Capítulo XIV.	Anexos.....	200



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados

e Investigación

Decanato de Ciencias Biológicas

Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable

Se aprueba la tesis titulada:

**HACIA UN APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE EN LA
PRODUCCIÓN DE MEZCAL EN SAN DIEGO LA MESA
TOCHIMILTZINGO, RESERVA ESTATAL SIERRA DEL TENTZO**

Autor:

ING. SOFÍA BARRERA COBOS

Comité de Revisión:

Dra. María Rosa Maimone Celorio

Directora

M.C. Edith Salomé Castañeda

Co-Directora

Mtra. en I. Aline Del Carmen González

Canchola

Asesora

Puebla, México.

Octubre, 2020

Capítulo I. Antecedentes de la investigación

El Programa de Manejo del Área Natural Protegida Reserva Estatal Sierra del Tentzo (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011) realiza un análisis de los recursos naturales, prácticas de aprovechamiento y las principales áreas de oportunidad de las áreas naturales ubicadas dentro del polígono protegido. La misma Secretaría reconoce que la información de la flora y fauna de la sierra es escasa y se encuentra dispersa, por lo que se deben implementar programas de monitoreo y seguimiento de proyectos. A pesar de dicha declaración, el documento enlista al *Agave potatorum* y al *Agave angustifolia* como especies de importancia comercial. Así mismo, la Secretaría reconoce que existe una sobreexplotación de magueyes para la elaboración de mezcal y otros usos.

Otros hallazgos en la Sierra del Tentzo incluyen la existencia del pastoreo desordenado y la falta de planeación agropecuaria (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011), lo cual es perjudicial para las especies vegetales, tanto cultivadas como silvestres. De igual manera, dicho hallazgo se identifica tanto en la Mixteca Poblana, como en la región de Tehuacán y Sierra Negra, donde se ha observado que el ganado se alimenta de la flor del maguey y pisotea plántulas y especímenes juveniles de agave, afectando la supervivencia del recurso (Baraza & Estrella-Ruiz, 2008; Delgado-Lemus, 2008; Torres, Casas, Delgado-Lemus, & Rangel-Landa, 2013; Zizumbo-Villarreal, Colunga-García, Vargas-Ponce, Rosales-Adame, & Nieto-Olivares, 2009).

Un estudio llevado a cabo en la Mixteca Poblana señala que las poblaciones de agave sometidas a una mayor intensidad de explotación presentan un menor éxito reproductivo, debido a que la escasa oferta floral no atrae a los polinizadores; por tanto, la extracción de plantas no sólo supone un riesgo para los magueyes mezcaleros, sino que representa riesgos para las demás plantas de la zona que muestren dependencia de los mismos gremios animales para su polinización (Baraza & Estrella-Ruiz, 2008). El mismo estudio propone como soluciones a la sobreexplotación del agave controlar la producción del mezcal, instaurar reservorios genéticos y llevar a cabo la reproducción de las especies en viveros para su posterior reintroducción al medio.

El estudio “Aprovechamiento y disponibilidad espacial de *Agave potatorum* en San Luis Atolotitlán, Puebla, México” (Delgado-Lemus, 2008) demuestra que la extracción de individuos reproductivos conduce al decremento de las poblaciones de agave. Adicionalmente, la autora señala que es importante tomar en cuenta también la utilización de leña y agua para la producción del mezcal. Otros hallazgos del estudio muestran que los agaves que se desarrollan en condiciones ambientales más estresantes, como baja humedad y alta radiación solar, tienen mayor rendimiento, debido al aumento de la disponibilidad de azúcares a fermentar y destilar. Aunado a esto, se establece que los agaves recolectados en temporada de lluvia no fermentan de la manera deseada. Como medida de protección del recurso, se ha impuesto una veda de extracción de *Agave potatorum* en ciertas regiones de San Luis Atolotitlán, situación que podría repetirse en otras comunidades. Para evitar esto, la autora concluye que se requiere manejar las poblaciones in situ, pero también establecer viveros. Se proponen algunas recomendaciones para reforestaciones exitosas.

Tomando como base el estudio anterior, surge la publicación del artículo “Aprovechamiento, demografía y establecimiento de *Agave potatorum* en el valle de Tehuacán, México: Aportes ecológicos y etnobiológicos para su manejo sustentable” (Torres et al., 2013) en donde se resalta que en esta zona poblana existe un déficit de agaves para la producción de mezcal, por lo que los productores se ven forzados a importar maguey de otras comunidades. Torres *et al.* (2013) realizan simulaciones de viabilidad poblacional y observan que las poblaciones de agave peligran a corto plazo, aún sin extracción del recurso. Los mismos autores encuentran que la mayoría del agave se extrae de poblaciones silvestres, sin técnicas de manejo ni reglas de aprovechamiento, y consideran como solución la instauración de viveros para la reproducción del maguey. Se hacen recomendaciones para el diseño del vivero, la aclimatación de las plántulas y el trasplante al campo apoyado de plantas nodrizas.

Antecedentes externos a la región poblana incluyen casos de éxito en estados como Oaxaca, Guerrero y Jalisco, en donde la producción de destilados de agave cuenta con mayor madurez. Ejemplo de esto es el manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros silvestres propuesto por Illsley et al. (2005) en donde se hace una recopilación de la experiencia de los

mezcaleros de Guerrero, para elaborar un manual de difusión que sirva tanto para el área de distribución de *Agave cupreata* como para otros agaves silvestres.

En cuanto al uso de tecnologías agrícolas, en Jalisco se ha confirmado que la producción industrial de tequilas y mezcales ha provocado contaminación, erosión edáfica, erosión genética y desplazamiento de cultivares nativos (Zizumbo-Villarreal et al., 2009). Por otra parte, en Oaxaca se ha demostrado que el conocimiento y prácticas agrícolas tradicionales campesinas contribuyen a la sustentabilidad ambiental y productiva (Bautista & Smit, 2012). Ambos casos de estudio plantean que las técnicas de agricultura tradicional para el cultivo de maguey pueden incluir: la conformación de cercos vivos de agave que limiten y seccionen la parcela para compaginar la producción pecuaria, agrícola y forestal; el reforzamiento de bordos, terrazas y surcos perpendiculares a la pendiente, que permitan incrementar la captación e infiltración de agua, disminuyendo la erosión edáfica; la riqueza de especies manejada en la milpa, para generar alta heterogeneidad de nichos y abatir la incidencia de plagas y enfermedades; la siembra alternada para favorecer una producción continua durante el año; el descanso de suelos y la rotación de cultivos; y la disminución del uso de agroquímicos (Bautista & Smit, 2012; Zizumbo-Villarreal et al., 2009).

Antecedentes para la propagación del agave bajo condiciones controladas incluyen el estudio de “Micropropagación y aclimatación de Maguey Pitzometl (*Agave marmorata* Roehl) en la Mixteca Poblana” (Aguilar & Rodríguez, 2018) donde los autores realizaron la propagación in vitro de la especie, como estrategia de rescate y conservación, evaluando el número y longitud de brotes y de raíces obtenidos, así como el porcentaje de sobrevivencia en diferentes sustratos. Se concluye que los sustratos de peat moss con agrolita y peat moss con arena de río son los más adecuados. Dicho estudio sirve como base para la propagación de las especies de *Agave potatorum* y *Agave angustifolia*, especies de interés para esta tesis.

Capítulo II. Planteamiento del problema

De acuerdo con el Consejo Regulador de Mezcal (2015) dentro de los estados con denominación de origen de mezcal, se encuentran Oaxaca, Durango, Guerrero, Guanajuato, Michoacán, San Luis Potosí, Tamaulipas, Zacatecas y, más recientemente, Puebla, el cual se incluyó a la lista en diciembre de 2015 (DOF, 2015). En México se utilizan 42 especies de agave para producir mezcal, las cuales en su mayoría se extraen de poblaciones silvestres y, en la mayor parte de los casos, sin técnicas de manejo ni reglas de aprovechamiento que protejan a este recurso de su extinción (Torres et al., 2013). Dentro de la familia Agavaceae, se reconocen 9 géneros con 300 especies de plantas (Bautista & Smit, 2012), las cuales en su mayoría son endémicas de México (Narváez, Martínez, & Jiménez, 2016).

En las regiones mezcaleras poblanas, desde Tehuacán hasta Zapotitlán, pasando por San Diego La Mesa Tochimiltzingo, la especie que se encuentra de forma silvestre es el *Agave potatorum*, comúnmente conocido como papalómetl, papalomé y tobalá (García-Mendoza, 2010). El mezcal fabricado con esta especie de agave es considerado de alta calidad organoléptica y es uno de lo más apreciados en el país (Torres et al., 2013). Debido a las elevadas tasas de extracción, la creciente demanda de mezcal, las particularidades de su biología reproductiva y los limitados esfuerzos de manejo, el *Agave potatorum* es una de las especies más vulnerables; se estima que tan solo en la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán, anualmente se extraen entre 54% y 87% de los individuos reproductivos, generando proyecciones que sugieren que las poblaciones de agave peligran a corto plazo en la zona poblana (Torres et al., 2013). Así mismo, se encuentra en la región el *Agave angustifolia*, conocido comúnmente como espadín (Delgado-Lemus, 2008; Torres, 2009), cuya importancia reside en ser el agave más utilizado a nivel nacional para la producción de mezcal, abarcando el 75% del mercado (Consejo Regulador del Mezcal, 2019) .

Debido a que en los últimos 10 años la demanda de mezcal ha ido en aumento (Consejo Regulador del Mezcal, 2019), se ha creado una mayor presión sobre las poblaciones silvestres de agave, acrecentando su riesgo de extinción (Torres et al., 2013). Esto se debe a que, para la elaboración del mezcal, se requiere extraer las plantas completas, antes de que ocurra la

inflorescencia, pues esto disminuye la cantidad de azúcares presentes en el tallo y necesarias para el destilado (Delgado-Lemus, 2008; Torres, 2009; Torres et al., 2013). Al recolectar los agaves en esta etapa se cancela su único evento reproductivo, pues anula por completo la producción de semillas (Torres et al., 2013). De acuerdo con los mismos autores, cada agave en edad reproductiva puede dar entre 2,000 y 9,500 semillas, mismas que se pierden al realizar la extracción para la producción del licor. Además, los cultivos de agave comprenden un largo ciclo de 6 a 10 años, dependiendo de las condiciones agroclimáticas (Bautista & Smit, 2012).

Pobladores de distintas comunidades han expresado su preocupación al observar las poblaciones fragmentadas de agave, viéndose obligados a recolectar en sitios cada vez más alejados de sus comunidades (Torres et al., 2013).

Para fines de la presente tesis, se pretende estudiar específicamente el caso de los productores mezcaleros de la comunidad de San Diego La Mesa Tochimiltzingo, uno de los trece municipios que conforma el ANP Reserva Estatal Sierra del Tentzo (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011), por lo que este trabajo es importante para establecer estrategias de conservación de la vegetación.

De acuerdo con los datos presentados por el Gobierno del Estado de Puebla (2014), el municipio de San Diego La Mesa Tochimiltzingo, ubicado en el Estado de Puebla, en el valle de Atlixco y Matamoros, cuenta con una población de 1,132 habitantes en comunidad rural, de los cuales 48.5% son hombres y 52.5% mujeres. Los pobladores viven en un alto grado de rezago social, ocupando el lugar número 39 a nivel estatal en grado de marginación, con 57% de la población en pobreza moderada y el resto en pobreza extrema. La industria del municipio y, por ende, su economía, se basa en la producción de licor de agave (mezcal) elaborado por tradición familiar y ancestral. Actualmente en la zona existen grupos de producción rural, distribuidos en la cabecera municipal, en La Soledad, en San Bartolomé y en Guadalupe Amolocayan.

Jovita Torres, residente del municipio y productora de mezcal de cuarta generación, declaró en una entrevista durante el cuarto Festival de Productores Mezcaleros llevado a cabo en noviembre del 2018 en el municipio de San Diego La Mesa Tochimiltzingo “Estamos terminando con la principal materia prima del negocio, el agave, y es prudente hacer algo... En San Diego La Mesa

está por terminarse la materia prima por una sobreexplotación, concretamente, del agave. Las nuevas generaciones estamos pensando en reforestar o de plano terminar el negocio. Es momento de actuar.” (Velázquez, 2018). Bautista y Smit (2012) establecen que es posible un proceso de recomposición de la agricultura, a través de la siembra de agave por parte de los productores. En San Diego La Mesa Tochimiltzingo, esta es precisamente la intención de los mezcaleros para recuperar las poblaciones de agave (Velázquez, 2018). Adicional al agave, Delgado-Lemus (2008) señala que la reforestación debe tomar en cuenta a especies que puedan emplearse como leña en el proceso de producción de mezcal.

Bautista y Smit (2012) definen que la agricultura sustentable es el manejo y conservación de los recursos naturales y la orientación de cambios tecnológicos e institucionales, para asegurar la satisfacción de las necesidades humanas en forma continua de generaciones presentes y futuras. Tal desarrollo sustentable conserva el suelo, el agua y los recursos genéticos animales y vegetales; no degrada al medio ambiente, es técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable.

Con base a lo anterior, esta tesis pretende resolver ¿cómo lograr una reconversión productiva encaminada hacia la sustentabilidad en la producción de mezcal en San Diego La Mesa Tochimiltzingo?

Capítulo III. Justificación de la investigación

La razón de ser de este proyecto de tesis tiene base en la importancia económica, social y cultural del mezcal, así como sus impactos ecológicos debido a la sobreexplotación del agave como materia prima para su fabricación.

Importancia cultural

Los licores de agave tienen su origen en México, durante la época prehispánica (Hernández, 2014; Plascencia & Peralta, 2018). Desde el pulque hasta el mezcal, estos licores eran fabricados para consumo exclusivo de sacerdotes y guerreros, para uso ceremonial y medicinal. A la llegada de los conquistadores españoles, durante la labor de conversión católica, el pulque y los destilados de agave fueron desligados de los usos ceremoniales y pasaron a ser consumidos por indígenas y misioneros por igual, aumentando las producciones del licor, sobreviviendo a la Colonia, trascendiendo hasta el porfiriato donde se impulsó su comercialización y perdurando en la época actual, contando con la regulación de la Denominación de Origen (Plascencia & Peralta, 2018), la cual autoriza solo a algunos municipios pertenecientes a 9 estados de la República Mexicana para la producción de este licor tan emblemático, entre ellos, el municipio poblano de San Diego La Mesa Tochimiltzingo (Secretaría de Economía, 2017).

Hablando específicamente del *Agave potatorum*, endémico de Puebla y Oaxaca (García-Mendoza, 2010) el mezcal fabricado a partir de esta especie, conocido popularmente como Tobalá, es considerado uno de los más apreciados en el país por sus características organolépticas (Torres et al., 2013) y su producción abarca tan solo el 3.3% del total del mezcal nacional, mientras que la variedad Espadín, fabricada a partir del *Agave angustifolia*, representa el 75% de la producción nacional.

El mezcal es un bebida representativa de México, con presencia internacional en 64 países, con más de 240 marcas (Consejo Regulador del Mezcal, 2019).

Importancia económica

De acuerdo al Informe Estadístico del Crecimiento del Mezcal 2018 publicado por el Consejo Regulador del Mezcal, la demanda de este destilado ha ido a la alza durante la última década, reportando un aumento en la producción del 28% y un crecimiento económico del 30%, tan solo en el último año (Consejo Regulador del Mezcal, 2019).

La economía del municipio de San Diego La Mesa Tochimiltzingo, se basa en la producción de licor de agave elaborado por tradición familiar (Gobierno del Estado de Puebla, 2014), determinando un ingreso monetario significativo para la economía familiar (Torres et al., 2013).

Más allá de la elaboración de destilados, el agave es utilizado en las comunidades rurales para satisfacer distintas necesidades como alimento, material de construcción, medicina, combustible, forraje, cerca viva, ornamental y control de la erosión de suelos (Torres et al., 2013). La Secretaría de Desarrollo Rural, Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial (2011) reporta que, tanto el *Agave potatorum* como el *Agave angustifolia*, son especies de importancia comercial.

Importancia ecológica

La importancia de la conservación del agave no solo reside en su valor comercial y cultural, sino que también brinda una serie de servicios ecológicos a los sistemas agrícolas, entre los que destacan la retención y formación de suelos, el control de agua de lluvia, la conformación de barreras vivas que protegen del viento y la fauna nociva, la formación de bordos y la conservación de la biodiversidad para una cadena trófica balanceada incluyendo a especies como abejas, colibríes, avispas, palomillas, murciélagos, ratones, cacomixtles, liebres, armadillos, tejones, víboras, lagartijas y hormigas (Narváez et al., 2016)

San Diego La Mesa Tochimiltzingo es uno de los 13 municipios que conforman la Reserva Estatal Sierra del Tentzo, participando con el 17.6% del área total de la reserva (Secretaría de Desarrollo Rural, Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

Importancia Social

De acuerdo con el Consejo Regulador del Mezcal (2019) el destilado de agave genera valor social, puesto que crea oportunidades de desarrollo en segmentos sociales vulnerables, previene la emigración en las comunidades, evita que los pobladores se empleen en actividades ilícitas, genera innovación, investigación y desarrollo, promueve el sentido de identidad cultural y el orgullo nacional, y genera 19 mil empleos directos y 85 mil empleos indirectos.

Además, la producción artesanal y ancestral de mezcal contribuye a trenzar el tejido social, puesto que en la mayoría de las unidades de producción, participan familiares, amigos, vecinos y conocidos, lo cual involucra reciprocidad y solidaridad (Hernández, 2018).

Capítulo IV. Objetivos de la investigación

Objetivo General

Establecer una propuesta integral de aprovechamiento sustentable en la producción de mezcal mediante el diagnóstico y análisis de las condiciones socioambientales, para la conservación de la biodiversidad en San Diego La Mesa Tochimiltzingo, Área Natural Protegida Reserva Estatal Sierra del Tentzo.

Objetivos Específicos

1. Realizar un diagnóstico sobre la producción de mezcal en San Diego La Mesa Tochimiltzingo, a través del diálogo participativo con informantes clave y recorridos en campo, para caracterizar la cadena productiva agave-mezcal y hallar las principales áreas de oportunidad en sustentabilidad.
2. Analizar la estructura poblacional del *Agave potatorum* y el *Agave angustifolia*, en la zona núcleo de la Reserva Estatal Sierra del Tentzo, mediante un muestreo de vegetación por el método de cuadrantes, para determinar el estado de conservación de ambas especies de maguey en la zona, comparada con la literatura.
3. Determinar las condiciones ambientales más adecuadas para la propagación de *Agave potatorum* y *Agave angustifolia*, mediante la germinación de semillas bajo condiciones controladas en el Centro de Investigación de Plantas Nativas (CIPNA) de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), para la propuesta de reproducción de dichas especies en vivero.
4. Diseñar una estrategia integral, a través de toda la cadena productiva agave-mezcal, a partir del diagnóstico obtenido y de la concentración de la información recabada en la literatura, para la reconversión productiva hacia la elaboración sustentable de mezcal en San Diego La Mesa Tochimiltzingo.

Capítulo V. Hipótesis

La implementación de estrategias integrales basadas en la diversidad de los recursos asociados a la elaboración de mezcal permitirá un aprovechamiento sustentable en la producción de mezcal en San Diego La Mesa Tochimiltzingo.

Capítulo VI. Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son los recursos naturales utilizados para la producción de mezcal y de dónde se obtienen?
- ¿Cómo afecta el manejo actual del agave la biodiversidad en la región de San Diego La Mesa Tochimiltzingo?
- ¿Cómo debería ser el manejo de los recursos naturales necesarios para una producción sustentable de mezcal en San Diego La Mesa Tochimiltzingo?
- ¿Qué acciones son necesarias para llevar a cabo una repoblación del agave en San Diego La Mesa Tochimiltzingo?
- ¿Qué estrategias son necesarias para una reconversión productiva hacia la sustentabilidad?

Capítulo VII. Alcances y limitaciones del proyecto

Alcances

- Reporte sobre la situación socioambiental actual de producción de mezcal en San Diego La Mesa Tochimiltzingo.
- Pruebas de germinación de agave en distintos microclimas y selección de las condiciones más favorables para su propagación.
- Propuesta de diseño de un vivero de acuerdo con las condiciones adecuadas halladas para la germinación del agave.
- Propuesta de las acciones necesarias para llevar a cabo una repoblación asistida del agave.
- Propuesta de reordenamiento de las prácticas extractivas del agave.

Limitaciones

- Disposición de los productores de mezcal para compartir su información.
- Ausencia de apoyo económico para movilidad.

Capítulo VIII. Marco Teórico

8.1. Definición de mezcal

De acuerdo con la NOM-070-SCFI-2016, Bebidas Alcohólicas-Mezcal-Especificaciones (Secretaría de Economía, 2017), el mezcal se define como:

- Bebida alcohólica destilada mexicana, 100 % de maguey o agave, obtenida por destilación de jugos fermentados con microorganismos espontáneos o cultivados, extraídos de cabezas maduras de magueyes o agaves cocidos, cosechados en el territorio comprendido por la denominación de origen.
- Es un líquido de aroma y sabor derivado de la especie de maguey o agave empleado, así como del proceso de elaboración; diversificando sus cualidades por el tipo de suelo, topografía, clima, agua, productor autorizado, maestro mezcalero, graduación alcohólica, microorganismos, entre otros factores que definen el carácter y las sensaciones organolépticas producidas por cada Mezcal.
- El mezcal puede ser añadido de edulcorantes, colorantes, aromatizantes y/o saborizantes permitidos por el Acuerdo correspondiente de la Secretaría de Salud.
- Puede clasificarse como mezcal, mezcal artesanal o mezcal ancestral, según las características de su proceso de elaboración.

8.2. Historia del mezcal

Los licores de agave tienen su origen en México, durante la época prehispánica (Hernández, 2014; Plascencia & Peralta, 2018). Desde el pulque hasta el mezcal, estos licores eran fabricados para consumo exclusivo de sacerdotes y guerreros, para uso ceremonial y medicinal. A la llegada de los conquistadores españoles, durante la labor de conversión católica, el pulque y los destilados de agave fueron desligados de los usos ceremoniales y pasaron a ser consumidos por indígenas y misioneros por igual, aumentando las producciones del licor, sobreviviendo a la Colonia, trascendiendo hasta el porfiriato donde se impulsó su comercialización y perdurando en la época actual, contando con la regulación de la Denominación de Origen (Plascencia &

Peralta, 2018), la cual autoriza solo a algunos municipios pertenecientes a 9 estados de la República Mexicana para la producción de este licor tan emblemático (Secretaría de Economía, 2017).

Hoy en día el mezcal es una bebida representativa de México, con presencia internacional en 64 países, con más de 240 marcas de exportación (Consejo Regulador del Mezcal, 2019).

Actualmente, a pesar del desarrollo de nuevas tecnologías, el 92% del mezcal se produce de manera artesanal, 7% de manera industrializada y 1% de forma ancestral (Consejo Regulador del Mezcal, 2019).

8.3. Marco Legal.

8.3.1. Denominación de Origen del Mezcal.

De acuerdo con la Secretaría de Economía (2015) la denominación de origen es el nombre de una región geográfica del país que sirva para designar un producto originario de la misma, y cuya calidad o características se deban exclusivamente al medio geográfico. El Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) es la máxima autoridad administrativa en materia de propiedad industrial en México, competente para emitir las declaratorias de protección de denominaciones de origen y autorizar su uso, así como tramitar y en su caso otorgar registros de marca; entre otras atribuciones. Algunos beneficios de los productos identificados con denominaciones de origen se dan en el sector económico, ya que brindan mayores oportunidades al sector productivo en México (industria, artesanos, campo, comerciantes, productores), al mismo tiempo que se protege al consumidor.

Los elementos y condiciones de una denominación de origen consisten en (Secretaría de Economía, 2015):

- Un producto de características únicas o calidad especial que lo individualizan entre los productos de su misma especie.
- Características o calidad especial derivadas exclusivamente de factores naturales y humanos.

- El producto es identificado o designado con el nombre del lugar en que se produce.

Las denominaciones de origen no se obtienen o se conceden por decreto ni por ninguna autoridad, sólo existen por situaciones de hecho; es decir, primero se usan, son famosas y reconocidas por el público que las consume, y posteriormente, se les protege mediante la declaración correspondiente (Secretaría de Economía, 2015).

A la fecha, el IMPI ha declarado la protección de las siguientes 14 Denominaciones de Origen y que son, de acuerdo con la Secretaría de Economía (2015) :

Ámbar de Chiapas, Arroz del estado de Morelos, Bacanora, Café Chiapas, Café Veracruz, Charanda, Chile Habanero de la península de Yucatán, Mango Ataulfo del Soconusco de Chiapas, Mezcal, Olinalá, Sotol, Talavera, Tequila y Vainilla de Papantla.

El 28 de noviembre de 1994, se publica en el Diario Oficial de la Federación, la declaración de protección a la Denominación de Origen Mezcal, que incluye a los Estados de Durango, San Luis Potosí, Guerrero, Zacatecas y Oaxaca, ampliándose esta protección al municipio de San Felipe, Guanajuato, el 21 de noviembre de 2001; posteriormente a 11 Municipios del Estado de Tamaulipas el 3 de marzo de 2003; para después extenderse a 29 Municipios del Estado de Michoacán el 22 de noviembre de 2012, además del municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato el 2 de octubre de 2015 y recientemente a 115 municipios del Estado de Puebla el 24 de diciembre de 2015 (Consejo Regulador del Mezcal, 2015).



Figura 1. Denominación de origen del mezcal (Consejo Regulador del Mezcal, 2015)

8.3.2. Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas Alcohólicas-Mezcal-Especificaciones

Esta Norma Oficial Mexicana establece las características y especificaciones que debe cumplir la bebida alcohólica destilada denominada Mezcal para su producción, envasado y comercialización. Aplica para la producción y envasado de Mezcal en toda el área geográfica comprendida en la Resolución de la Denominación de Origen, así como su comercialización en territorio nacional y producto de exportación.

Dentro de la NOM-070-SCFI-2016 se encuentran las referencias normativas, los términos y definiciones, las especificaciones del mezcal, el envase, el etiquetado, la comercialización, la evaluación de la conformidad, vigilancia y concordancia con nomas internacionales. A continuación se anexan algunas definiciones del contenido de la NOM-070-SCFI-2016, cuyo objetivo es establecer las características y especificaciones que debe cumplir la bebida alcohólica destilada denominada Mezcal para su producción, envasado y comercialización.

- **Comercializador titular o licenciataria de marca:** Es el titular o licenciataria de la marca que cuenta con autorización por parte del organismo evaluador de la conformidad para la adquisición, almacenamiento, distribución y comercialización de la bebida alcohólica destilada denominada Mezcal certificada, en términos de la presente Norma Oficial Mexicana.

- **Envasador:** Es la persona física o moral, pudiendo ser diferente al productor de Mezcal, que cuenta con la certificación por parte del organismo evaluador de la conformidad para llevar a cabo el envasado de Mezcal.
- **Etiqueta:** Cualquier rótulo, marbete, inscripción, imagen u otro material descriptivo o gráfico, escrito, impreso, estarcido, marcado, grabado en alto o bajo relieve, adherido, sobrepuesto o fijado al envase del producto.
- **Geo-referencia:** Identificación por medios satelitales de la ubicación geográfica de los predios donde se sitúan los magueyes o agaves registrados.
- **Guía de maguey o agave:** Documento que emite el Organismo Evaluador de la Conformidad, a quien lleva a cabo el traslado de maguey o agave entre el predio registrado y el lugar donde se produce el Mezcal.
- **Organismo evaluador de la conformidad:** Es la persona acreditada como organismo de certificación, unidad de verificación o laboratorio de prueba, según corresponda, por una entidad de acreditación para la determinación del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, conforme a lo previsto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, así como su Reglamento.
- **Sello de certificación:** Es el distintivo que acredita la certificación del Mezcal. Es un holograma que en su diseño incluye la imagen corporativa, marca del organismo evaluador de la conformidad y un código numérico único por botella. El holograma es proporcionado por el organismo evaluador de la conformidad al Envasador, previa demostración de que el producto a envasar cumple con esta Norma Oficial Mexicana y los procedimientos de evaluación de la Conformidad.

Igualmente se definen las especificaciones de materia prima para la elaboración del mezcal, especificando que están permitidos los magueyes o agaves, cultivados o silvestres, cuyo desarrollo biológico haya transcurrido en el área geográfica comprendida en la Resolución y esté permitida su extracción por las autoridades competentes conforme a las leyes aplicables.

En cuanto a las categorías, la NOM indica que, de acuerdo con el proceso específico utilizado de cocción del maguey o agave, molienda, fermentación y destilación, se obtienen tres categorías de Mezcal:

- **Mezcal:** su elaboración debe cumplir con al menos las siguientes cuatro etapas y equipo: cocción (cocimiento de cabezas o jugos de maguey o agave en hornos de pozo, mampostería o autoclave), molienda (tahona, molino chileno o egipcio, trapiche, desgarradora, tren de molinos o difusor), fermentación (recipientes de madera, piletas de mampostería o tanques de acero inoxidable), destilación (alambiques, destiladores continuos o columnas de cobre o acero inoxidable).
- **Mezcal artesanal:** su elaboración debe cumplir con al menos las siguientes cuatro etapas y equipo: cocción (cocimiento de cabezas de maguey o agave en hornos de pozo o elevados de mampostería), molienda (con mazo, tahona, molino chileno o egipcio, trapiche o desgarradora), fermentación (oquedades en piedra, suelo o tronco, piletas de mampostería, recipientes de madera o barro, pieles de animal, cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave), destilación (con fuego directo en alambiques de caldera de cobre u olla de barro y montera de barro, madera, cobre o acero inoxidable; cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave).
- **Mezcal ancestral:** su elaboración debe cumplir con al menos las siguientes cuatro etapas y equipo: cocción (cocimiento de cabezas de maguey o agave en hornos de pozo), molienda (con mazo, tahona, molino chileno o egipcio), fermentación (oquedades en piedra, suelo o tronco, piletas de mampostería, recipientes de madera o barro, pieles de animal, cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave),

destilación (con fuego directo en olla de barro y montera de barro o madera; cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave).

Para detalles de especificaciones fisicoquímicas, clases de mezcal, envasado, etiquetado, comercialización, comercialización, evaluación de conformidad, vigilancia y definiciones adicionales, ver Anexo 1. NORMA Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones.

8.3.3. Consejo Regulador del Mezcal.

El organismo evaluador de la conformidad es el Consejo Regulador del Mezcal, ubicado en Oaxaca.

Con la finalidad de garantizar y salvaguardar la Denominación de Origen se constituye formalmente como Asociación Civil el 12 de diciembre de 1997, el CONSEJO MEXICANO REGULADOR DE LA CALIDAD DEL MEZCAL, A.C., "CRM", con el propósito de ser el organismo de certificación del Mezcal con base a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994, Bebidas Alcohólicas-Mezcal Especificaciones (Consejo Regulador del Mezcal, 2017)

El CRM obtuvo su acreditación como Organismo de Certificación a través de la entidad mexicana de acreditación A.C. y la aprobación de la Dirección General de Normas (DGN), e inicia formalmente sus actividades para la certificación del Mezcal en octubre del 2003 (Consejo Regulador del Mezcal, 2017).

El mezcal es una Denominación de Origen Protegida y corresponde al CRM salvaguardar la Denominación de Origen Mezcal, velando por el cumplimiento de las normas relativas a la producción, envasado, etiquetado y comercialización ya que cuenta con la aprobación del Gobierno Federal Mexicano como organismo evaluador de la conformidad (Consejo Regulador del Mezcal, 2017).

La certificación inicia con el registro de plantaciones de maguey o agave cultivado o silvestre ante el CRM, con la georreferenciación el CRM constata la ubicación de los predios e identifica las especies de maguey o agave, garantizando que se encuentran dentro de la zona geográfica protegida por la DOM (Consejo Regulador del Mezcal, 2017).

Se certifican las unidades de producción de mezcal, unidades de envasado y almacenes de comercialización a través de la inspección permanente, con la emisión de un certificado NOM, con vigencia máxima de un año, tiempo en el cual el organismo establece la verificación permanente en el proceso de producción, envasado y almacenamiento, al terminar la vigencia, si el productor, envasador y comercializador demuestran que sigue cumpliendo con la NOM-Mezcal, se le mantiene la certificación (Consejo Regulador del Mezcal, 2017).

De igual forma se certifica el producto a granel (vigencia máxima 1 año), el producto envasado para venta nacional (vigencia indefinida) o para exportación (vigencia 90 días) mediante la inspección permanente se determina el cumplimiento de NOM-Mezcal con la emisión de los certificados NOM respectivos. El CRM garantiza al consumidor la autenticidad del mezcal y acredita la certificación del Mezcal mediante la inclusión del sello de certificación (holograma de certificación) en cada producto envasado (Consejo Regulador del Mezcal, 2017).

En resumen, los objetivos del CRM son:

- Verificar y certificar el cumplimiento de la NOM-070.
- Salvaguardar la denominación de origen en México y en el extranjero.
- Garantizar al consumidor la autenticidad y calidad del mezcal.
- Generar información oportuna, veraz y útil a la cadena productiva maguey-mezcal.

8.4. Especies de agaves utilizadas.

De acuerdo con el Resumen del Informe Estadístico 2018 del Consejo Regulador del Mezcal (2019) las especies de maguey más utilizadas en el país son:

- Maguey espadín (*Agave angustifolia*), del cual se fabrica el 75% del mezcal.

- Maguey tobalá (*Agave potatorum*) del cual se fabrica el 3.3% del mezcal.
- Maguey chino (*Agave macroculmis*) del cual se fabrica el 1.7% del mezcal.
- Maguey cenizo (*Agave durangensis*) del cual se fabrica el 1.3% del mezcal.
- Maguey mexicano (*Agave rhodacantha*) del cual se fabrica el 0.8% del mezcal.
- Maguey tepeztate (*Agave marmorata*) del cual se fabrica el 0.8% del mezcal.
- Maguey barril (*Agave macroacantha*) del cual se fabrica el 0.6 % del mezcal.
- Maguey cuishe (*Agave karwinskii*) del cual se fabrica el 0.6 % del mezcal.

Del porcentaje restante, 12.2% corresponde a ensambles, es decir, mezcales fabricados a partir de una mezcla de magueyes. El otro 3.7% faltante engloba a otras 42 especies de agave.

Específicamente en la zona de Puebla, los magueyes más utilizados son el espadín (*Agave angustifolia*) y el tobalá (*Agave potatorum*) (Delgado-Lemus, 2008; Torres, 2009; Torres et al., 2013).

8.5. *Agave angustifolia*.

De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2012) el *Agave angustifolia* tiene las siguientes características:

- **Nombres comunes:** “Espadilla”, “espadín”, doba-yej (maguey de flor), “maguey quixe”, yahui xiuco (Mixteco), yavi incoyo (Mixteco).
- **Rosetófila:** acaule o subcaulescente, colonial; rosetas laxas, 1.0-1.5(-2.0) m alto, 1.5-2.0 m diámetro.
- **Hojas:** 40-70 por roseta, 0.6-1.0(-1.3) m largo, 4.0-5.0(-8.0) cm ancho, lanceoladas a linear-lanceoladas, rígidas, fibrosas, planas o algo cóncavas, engrosadas hacia la base, ascendentes, verde claras a glaucas, margen recto, a veces angostamente cartilaginoso, dentado, dientes de la parte media, (0.5-)2.0-5.0 mm largo, (0.5-)2.0-5.0 mm ancho,

sobre bases angostas, antrorsos o rectos, pardo claros a negruzcos, distantes entre sí 1.0-3.5 cm; espina terminal (1.5-)2.0-3.5 cm largo, 3.0-5.0 mm diámetro, cónica, sin surco, o ligeramente marcado, no decurrente, parda clara o negruzca.

- **Inflorescencia:** paniculada, laxa, contorno general oblongo, 2.5-3.0(-4.0) m alto, fértil en la mitad o tercio superior, ramas primarias 9-15, 25.0-35.0 cm largo, ramas secundarias 7.0-9.0 cm largo, terciarias 1.0-1.5 cm largo; pedúnculo verde a parduzco, algo ceroso; brácteas del pedúnculo 7.0-15.0 cm largo, base 3.0-3.5 cm ancho, triangulares, pronto secas, cartáceas, margen entero, espina terminal 2.0-5.0 mm largo, pardo-rojiza; pedicelos 2.0-3.0 mm largo.
- **Flores:** (4.0-)5.0-6.0(-8.0) cm largo, hipocrateriformes o tubulares, verde-parduzcas a verde-amarillentas; tépalos (1.5-)2.0-2.5 cm largo, 2.0-3.0 mm ancho, oblongos, erectos, pronto marchitos y reflejos, cuello 1.0-2.0 mm largo, en ocasiones constreñido, tubo del perigonio 0.7-1.0(-2.0) cm largo, 0.8-1.0 cm diámetro en la porción distal; estambres con filamentos 3.5-4.0(-5.0) cm largo, aplanados adaxialmente, insertos en el cuarto superior del tubo, amarillentos o con tintes purpúreos, anteras 1.5-2.0(-2.5) cm largo, ca. 1.0 mm ancho, amarillentas; ovario 2.0-3.0 cm largo, 3.0-5.0 mm diámetro, cilíndrico, estilo 5.0-6.0 cm largo. Cápsulas 5.0-6.0 cm largo, 2.0-3.0 cm diámetro, oblongas; semillas 0.7-1.0 cm largo, 5.0-7.0 mm ancho, negras sin ala o apenas evidente. Bulbilos foliosos.
- **Comentario taxonómico:** *Agave angustifolia* es una especie que se distribuye de Sonora a Chiapas, muy variable morfológicamente a lo largo de su distribución. Las formas del noroeste de México, en los estados de Sonora-Chihuahua-Sinaloa, son más grandes en todos sus órganos vegetativos y reproductivos, con respecto a las de Guerrero-Puebla-Oaxaca, esto podría ser quizá suficiente para separarlas como dos especies, que además tienen floraciones en épocas diferentes, en el noroeste de México florece en invierno (diciembre-marzo), por el contrario las del sur lo hace en el verano (junio-agosto), sin embargo, es urgente un estudio completo del complejo. Gentry (1982), reconoce dos

variedades para Oaxaca, *A. angustifolia* var. *angustifolia* y *A. angustifolia* var. *rubescens*..

- **Distribución:** Ampliamente distribuida en México. En Oaxaca se ha registrado en los distritos: Centro, Cuicatlán, Ejutla, Etla, Huajuapán, Ixtlán, Juchitán, Juxtlahuaca, Teotitlán, Teposcolula, Tlacolula, Tlaxiaco, Silacayoapam, Sola de Vega, Villa Alta, Yautepec y Zimatlán.
- **Hábitat:** Bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo, palmar y zona de transición de los mismos con el bosque de *Quercus*; suelo calizo o volcánico. En elevaciones de 1000-1950 m.
- **Fenología:** Floración de junio a agosto. Fructificación de septiembre a noviembre.
- **Uso:** Producción de mezcal y fibras; las flores son comestibles; la inflorescencia se utiliza como forraje y los quiotes secos se emplean en la construcción (techos, paredes, cercos).
- **Estado de conservación cualitativa:** La especie se conoce de una buena parte del estado, aunque de manera natural no es abundante. El espadín se cultiva ampliamente para la producción de mezcal en los Valles Centrales y Sierra Sur. Se propaga vegetativamente a través de hijuelos y bulbilos.
- **Estatus de conservación (NOM-059-SEMARNAT-2010):** No aplica.

8.6. *Agave potatorum*.

De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2012) el *Agave potatorum* tiene las siguientes características:

- **Nombres comunes:** “Papalometl”, “papalomé”, “maguey papalomé”, “tobalá”.
- **Rosetófila:** acaule, solitaria, rara vez en grupos de 2-3 individuos; rosetas densas, 30.0-50.0 cm alto, 40.0-60.0 cm diámetro.

- **Hojas:** 30-60(-100) por roseta, 15.0-35.0 cm largo, 8.0-10.0 cm ancho, ovadas, oblongas o lanceoladas, flexibles a rígidas, planas o ligeramente cóncavas en el ápice, engrosadas hacia la base, glaucas a verde-glaucas, margen sinuado a crenado, con mamilas 0.4-0.7(-1.0) cm alto, dentado, dientes de la parte media, 0.4-0.6(-1.2) cm largo, 0.4-0.6(-0.8) cm ancho, retrorsos, antrorsos o rectos, pardo claros a grisáceos, distantes entre sí 1.0-3.0 cm, espina terminal 3.0-4.0 cm largo, 4.0-7.0 mm ancho, recta o sinuosa, aguda, ampliamente acanalada aplanada en el haz, decurrente ca. 1.0 cm, pardo clara a grisácea.
- **Inflorescencia:** panícula laxa, 3.0-5.0(-6.0) m alto, fértil en la mitad o el tercio superior, ramas primarias (7-)11-25, 10.0-30.0 cm largo, distantes entre sí 15.0-30.0 cm, ocasionalmente ramas secundarias 0.5-4.0 cm largo; pedúnculo verde a pardo-rojizo; brácteas 12.0-20.0 cm largo, 3.5-4.0 cm ancho en la base, triangulares, cartáceas, con algunos dientecillos en el margen, espina terminal 0.5-2.5 cm largo, 0.7-1.0 cm ancho, pardo-rojiza; bractéolas de las ramas primarias 5.0-8.0 cm largo, 2.0-5.0 cm ancho, ovadas, amplexicaules; pedicelos 1.0-1.5 cm largo.
- **Flores:** (15-)20-40 por umbela, (5.0-)5.5-7.0 cm largo, campanuladas a ligeramente urceoladas, verde-amarillentas con tintes purpúreos o rojizos; tépalos 1.2-1.5(-2.0) cm largo, 3.0-6.0 mm ancho, triangulares u oblongos, erectos, gruesos, los externos 1.0-2.0 mm más largos que los internos, margen involuto, ápice cuculado, duro, cuello 2.0-3.0(-5.0) mm largo, tubo del perigonio (1.0-)1.3-1.6 cm largo, (0.8-)1.3-1.8 cm diámetro en la porción distal, sulcado; estambres con filamentos 3.0-4.0(-4.5) cm largo, aplanados adaxialmente, insertos a la mitad o en el tercer cuarto superior del tubo, amarillentos, a veces con tintes púrpura, anteras 1.5-2.5 cm largo, 2.0-3.0 mm ancho, amarillentas; ovario 2.5-3.0 cm largo, 4.0-6.0 mm diámetro, cilíndrico a ligeramente triquetro, estilo 5.5-6.0 cm largo, estigma clavado. Cápsulas (3.5-)4.0-6.0 cm largo, 1.5-2.0 cm diámetro, oblongas, rostradas, semillas 5.0-6.0 mm largo, 4.0-5.0 mm ancho, negras, ala inconspicua.
- **Comentario taxonómico:** la especie se caracteriza por presentar rosetas densas, con numerosas hojas aplanadas, margen con mamilas y dientes pequeños; inflorescencia

paniculada con ramas primarias de 10-30 cm largo, distantes entre sí por 15.0-30.0 cm, presentes en la mitad o el tercio superior de la inflorescencia, las flores presentan tubo campanulado a ligeramente urceolado, los estambres insertos a la mitad del tubo o en el tercer cuarto superior; relación de tubo: tépalos 1:1 o incluso el tubo llega a ser hasta 2 veces más largo que los tépalos.

- **Distribución:** Endémica de México, se conoce de los estados de Oaxaca y Puebla. En Oaxaca en los distritos: Coixtlahuaca, Ejutla, Etla, Huajuapán, Ixtlán, Miahuatlán, Mixe, Nochixtlán, Ocotlán, Teotitlán, Tlacolula, Yautepec, Zaachila y Zimatlán.
- **Hábitat:** Bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo y transición de los mismos con el bosque de Quercus, en suelos sobre roca caliza. En elevaciones de 1300- 2400 m.
- **Fenología:** Floración de fines de agosto a noviembre. Fructificación de noviembre a marzo.
- **Usos:** Se usa principalmente en la elaboración de mezcal, las flores se emplean en la alimentación al igual que el pedúnculo floral cuando ha comenzado su desarrollo y las hojas en la medicina tradicional para disminuir hinchazones y para el tratamiento de lesiones internas tanto de hombres como de animales domésticos.
- **Estado de conservación cualitativa:** El aprovechamiento de las plantas para la producción de mezcal es una amenaza para las poblaciones silvestres debido a que la totalidad de las plantas son extraídas del medio silvestre, además de que se aprovechan los individuos adultos, lo que reduce el número de reproductores, la producción de semillas y la regeneración natural de la especie. Otro factor de riesgo es la pérdida y destrucción del hábitat por el cambio de uso del suelo.
- **Estatus de conservación (NOM-059-SEMARNAT-2010):** No aplica

8.7. Sustentabilidad en la producción del agave

Los espacios naturales son importantes porque contribuyen a la conservación de la diversidad biológica del país y del mundo, tanto de ecosistemas como de especies y genes. Permiten conservar y proteger hábitats, especies, paisajes, formaciones ecológicas, suelos frágiles, fuentes y afluentes de agua, así como elementos culturales de importancia nacional. Asimismo, prestan servicios ambientales como la absorción de carbono, el suministro de agua y aire no contaminado, la protección contra inundaciones y la prevención de desastres, la conservación de suelos y del material genético de las especies. Además la población obtiene valores económicos, culturales, estéticos y espirituales de la diversidad biológica (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011)

8.7.1. Impactos negativos de la agricultura convencional.

La agricultura convencional, si bien ayuda a aumentar la eficiencia de los cultivos, trae consigo consecuencias como la contaminación de las aguas y del ambiente, la pérdida de fertilidad de la tierra, el aumento de la deforestación, y la expulsión de comunidades campesinas e indígenas, debido al uso intensivo de cantidades inmensas de químicos, fertilizantes sintéticos, semillas transgénicas, combustibles, y agrotóxicos arrojados sin control, la necesidad de expandir los territorios, con el único fin de obtener lucro en el corto tiempo (Ortega, 2009).

8.7.2. Agricultura sustentable

La agroecología es una disciplina científica orientada a las prácticas agrícolas, pecuarias y forestales, cuyos principios se sustentan en el mantenimiento de los recursos naturales, o causando el menor daño posible al medio ambiente. Se basa en la conservación de la biodiversidad en la agricultura, y en el restablecimiento del balance ecológico de los agroecosistemas, con la intención de alcanzar una producción sustentable que permita producir alimentos. Utiliza los saberes autóctonos (diversidad de cultivos, venenos orgánicos, conocimiento de las fases de la luna); respeta los bosques, la salud ambiental y la diversificación; la eficiencia energética y el aprovechamiento de los ciclos naturales; prescinde de insumos químicos (Ortega, 2009).

8.8. Estrategias de mitigación de los impactos negativos de la sobreexplotación de la biodiversidad

8.8.1. Obras de captación y filtración del agua

8.8.1.1. Apertura de zanja trinchera

Las zanjas trincheras son excavaciones que se realizan en curvas a nivel de 40 centímetros de ancho x 40 centímetros de profundidad y 2 metros de longitud, trazadas a “tres bolillo” y separadas con tabique divisor de 2 metros de largo. También se les denomina tinas ciegas. Tienen la finalidad de incrementar la infiltración del agua de lluvia al subsuelo, disminuye la erosión hídrica al detener o frenar los escurrimientos superficiales.

8.8.1.2. Presas de morillos

Es una estructura conformada con postes o troncos de diámetros mayores a 10 centímetros. Esta estructura es usada temporalmente y se construye en sentido transversal a la dirección del flujo de corrientes superficiales, en cárcavas pequeñas y angostas, para el control de azolves. Tiene la finalidad de disminuir la erosión hídrica y detiene el crecimiento de la cárcava.

8.8.1.3. Presas de ramas

Es una estructura pequeña construida con ramas entretejidas, en forma de barrera, que se coloca en sentido transversal a la pendiente, para controlar la erosión de cárcavas. Tienen la función de disminuir la erosión, reducir la velocidad de la corriente e impedir el crecimiento

8.8.1.4. Presas de piedra acomodada

Es una estructura construida con piedra acomodada que se coloca trasversalmente a la dirección del flujo de la corriente y se utiliza para el control de erosión de cárcavas.

8.8.1.5. Presas de gaviones

Es una estructura que consiste en una caja de forma prismática rectangular de malla de alambre de triple porción, rellenas de piedra. Este tipo de presas es de bajo costo y larga duración. Sirve

como protección contra la erosión y, por sus dimensiones, puede variar dependiendo del tamaño de la cárcava, pero se recomienda para aquellas con altura mayor a 2 metros.

8.8.2. Obras de conservación y manejo del suelo

8.8.2.1. Cabeceo de cárcavas

Es el recubrimiento con material inerte como piedras, cemento o material vegetal muerto de estructura que tiene la finalidad de amortiguar la energía de la caída de la escorrentía. El cabeceo de cárcavas sirve para frenar el crecimiento y expansión longitudinal de la cárcava y por lo tanto la erosión remontante. Beneficios: cubre el suelo descubierto evitando el impacto de las gotas de lluvia y corrientes de agua, disminuye la erosión de cárcavas y mejora la calidad del agua.

8.8.2.2. Estabilización y/o re-vegetación de taludes

Es el despalme o recubrimiento practicado en taludes laterales de cárcavas, causes intermitentes, caminos, arroyos o ríos para evitar o disminuir la erosión y permitir el desarrollo de la vegetación.

8.8.2.3. Conservación y mantenimiento de caminos

Es importante mantener y mejorar las condiciones de los caminos dado que estos son altamente susceptibles a erosionarse por falta de mantenimiento o condiciones del clima, lluvias, etc.

Dependiendo de la pendiente, el tipo de terreno y el volumen del escurrimiento de agua, se pueden formar cárcavas o derrumbar partes inestables del camino, así como la pérdida de materiales del suelo (materia orgánica, cubierta forestal), iniciándose los proceso de erosión.

8.8.2.4. Acomodo de material vegetal muerto de forma perpendicular a la pendiente

Consiste en formar cordones de material vegetal muerto a nivel, proporcionando protección al suelo y evitando la erosión hídrica. Disminuye el escurrimiento superficial e incrementa el contenido de humedad en el suelo, lo que favorece

8.8.2.5. Terrazas de muro vivo

Su finalidad es reducir la erosión hídrica en terrenos preferentemente forestales, controlar el escurrimiento superficial a velocidades no erosivas y dirigirlo hacia una salida estable con los beneficios que impide la formación de cárcavas, aportan materia orgánica al suelo, disminuyen la velocidad del escurrimiento favoreciendo una mayor infiltración

8.8.2.6. Establecimiento de cultivo de cobertura con especies nativas

Cultivo cuyo propósito es beneficiar el suelo aportando materia orgánica mejorando la fertilidad y su estructura, protección contra el clima (lluvia, viento), refugio a otras especies, generación de microclimas, aumento en la cobertura y posteriormente en la riqueza y abundancia de plantas nativas, aves, mamíferos, insectos entre otros.

8.8.3. Obras de mantenimiento y manejo de la vegetación

8.8.3.1. Reforestación con especies nativas

La reforestación o enriquecimiento de acahuales deberá realizarse con especies nativas ya que desempeñan un papel muy importante en la recuperación de la estructura original, riqueza y diversidad florística de los ecosistemas degradados, con fines de rehabilitación del medio ambiente y conservación de suelos y aguas, y otros. La reforestación con especies nativas deberá enfocarse en un conjunto de acciones encaminadas al manejo de la regeneración natural sobre la estructura, ecológica y diversidad del bosque.

8.8.4. Otras obras que mantengan o mejoren la provisión del servicio ambiental

8.8.4.1. Educación Ambiental

Los programas de Educación Ambiental son importantes no sólo para los proveedores y usuarios, sino para toda la población local y comunidades vecinas, con el fin de reforzar y sensibilizar a la población en el buen cuidado del ambiente tanto fuera como dentro del área de conservación.

8.8.4.2. Monitoreo de plagas y/o enfermedades

Esta actividad consiste en formar brigadas encargadas de realizar recorridos de inspección con la finalidad de detectar brotes de plagas y/o enfermedades. En caso de detección se realizarán recorridos por el área para identificar el agente causal así como el grado de avance para establecer el método más adecuado para realizar su control, combate y las acciones para restaurar los sitios afectados, el derribo de arbolado solo podrá realizarse previo cumplimiento de la normatividad aplicable y con autorización de la instancia competente.

8.8.4.3. Monitoreo de flora y fauna silvestre

El Monitoreo de diferentes indicadores Biológicos (flora y fauna) permite la obtención de datos que describan y cuantifiquen de manera sistemática el estado de conservación del área, además, la información generada permite la identificación de zonas de mayor presión, los posibles factores externos que afectan en algún grado las poblaciones que, a su vez permiten reorientar y definir nuevas estrategias de conservación.

8.8.4.4. Cercado de áreas

El cercado tiene la finalidad de proteger el área de servicios ambientales de posibles amenazas como el pastoreo. Además se puede utilizar como protección para áreas reforestadas o de regeneración natural. Se sugiere realizarlo con una distancia entre postes de máxima 4 metros y con un mínimo de 4 hilos de alambre de púas.

Capítulo IX. Marco Contextual

9.1. Área de estudio ANP Sierra del Tentzo

De acuerdo con el Programa De Manejo Del Área Natural Protegida Reserva Estatal Sierra Del Tentzo (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011) el Área Natural Protegida Reserva Estatal Sierra del Tentzo está conformada por dos cordilleras principales, la cordillera “Cumbre Tecole”, y la cordillera del Tentzo, que por ser la más conocida y la de mayor extensión da nombre a la Reserva Estatal. El Tentzo debe su nombre a que el cerro donde da inicio presenta la forma del rostro de un hombre barbudo; el nombre proviene del náhuatl tentzoe o tentli que significa borde o labio y tzentli que quiere decir pelo o barba. Lo que se traduce como hombre barbudo.

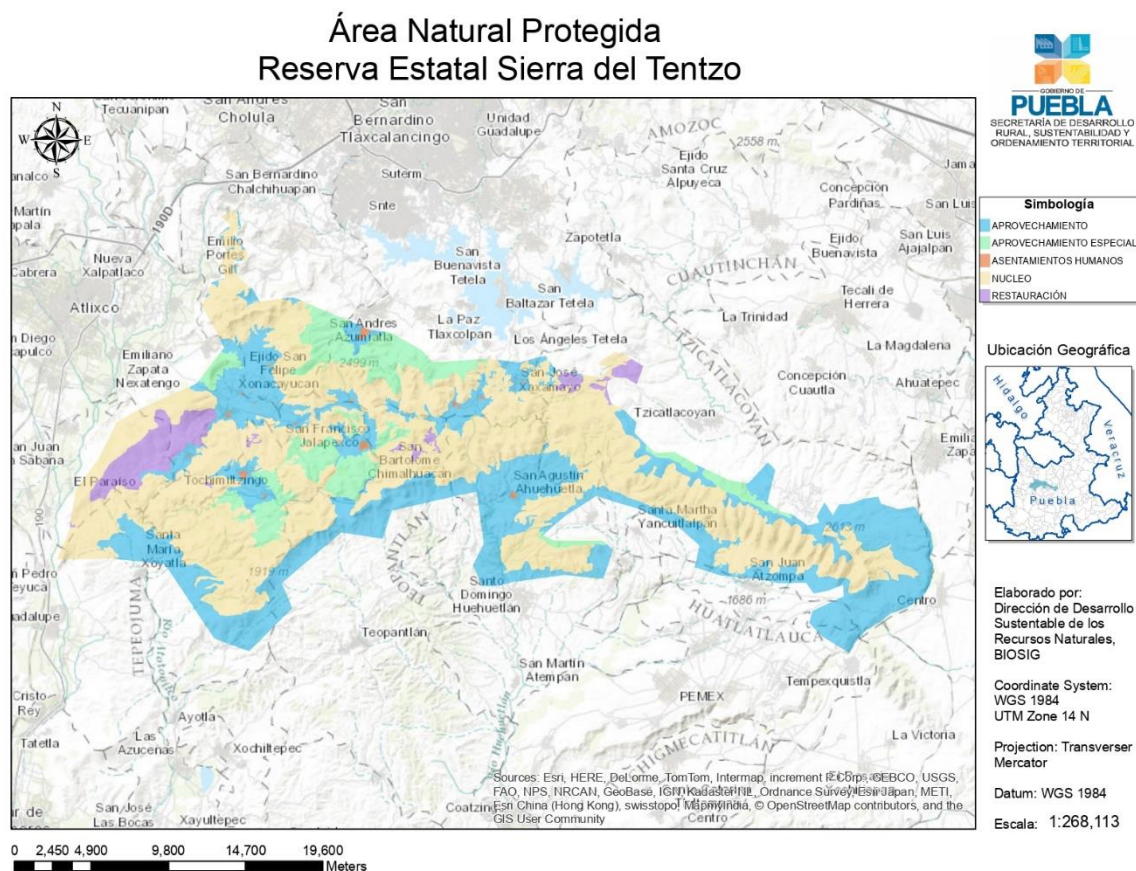


Figura 2. Mapa de zonificación del ANP Reserva Estatal Sierra del Tentzo (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2013)

9.1.1. Decreto

El Decreto del Ejecutivo del Estado, por el que se expide la Declaratoria del Área Natural Protegida de Jurisdicción Estatal en su modalidad de Reserva Estatal, la zona denominada "Sierra del Tentzo", se expidió en el año 2011, ubicada en los Municipios de Atlixco, Atoyatempan, Huaquechula, Huatlatlauca, Huehuetlán El Grande, Molcaxac, Ocoyucan, Puebla, San Diego La Mesa Tochimiltzingo, San Juan Atzompa, Teopantlán, Tepeojuma y Tzicatlacoyan, todos del Estado de Puebla, con una superficie total de 57,815.28 hectáreas (Gobierno Constitucional del Estado de Puebla, 2011)

9.1.2. Ubicación.

El Área Natural Protegida Reserva Estatal “Sierra del Tentzo” tiene un área de 57, 815. 283 has y un perímetro de 341.24 km. Su ubicación está en los paralelos 18°42’26’’y 18° 58’ 20’’; y en los meridianos 98°26’30’’ y 97°55’14’ (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

Límites:

- Norte: Puebla, Tzicatlacoyan y Santa Clara Ocoyucan
- Sur: Tepeojuma, Teopantlán, Huehuetlán, La Magdalena Tlatlauquitepec, San Juan Atzompa
- Oriente: Molcaxac y Atoyatempan
- Poniente: Atlixco, Huaquechula y San Diego La Meza Tochimiltzingo.

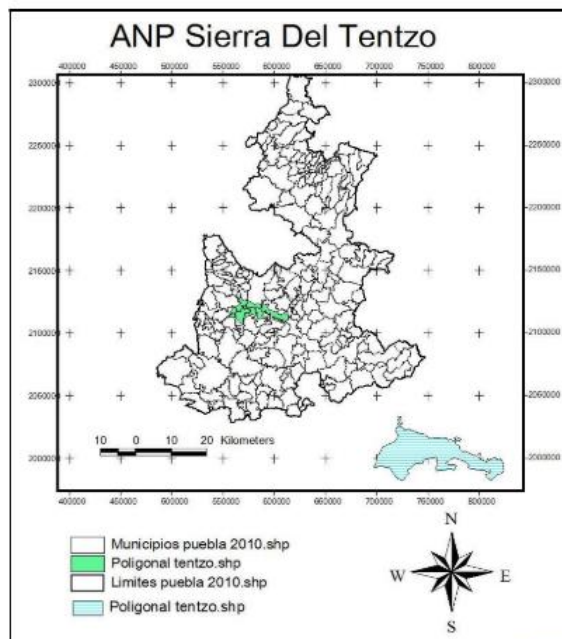


Figura 3. Ubicación general de la Reserva Estatal Sierra del Tentzo (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011)

La reserva se ubica en la región centro del estado de Puebla, en las regiones económicas denominadas Angelópolis, Valle de Atlixco, Matamoros y Mixteca. Comprende la superficie parcial de 13 municipios: 1) Atlixco, 2) Atoyatempan, 3) Huaquechula, 4) Huatlatlahuca, 5) Huehuetlán El Grande, 6) Molcaxac, 7) Ocoyucan, 8) Puebla, 9) San Diego La Mesa Tochimiltzingo, 10) San Juan Atzompa, 11) Teopantlán, 12) Tepeojuma y 13) Tzicatlacoyan. Dentro del Área Natural Protegida Sierra del Tentzo, se encuentran 44 localidades de los 13 municipios que abarca la región (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

Tabla 1. Superficie y porcentaje de los municipios dentro del área natural (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011)

MUNICIPIO	SUP. TOTAL DEL MUNICIPIO HAS.	PORCENTAJE
<i>Atlixco</i>	3, 680.486	6.37
<i>Atoyatempan</i>	57.461	0.099
<i>Huaquechula</i>	2,771.104	4.79
<i>Huatlatlauca</i>	280.162	0.48
<i>Huehuetlan El Grande</i>	7,256.385	12.55
<i>Molcaxac</i>	8.549	0.014
<i>Ocoyucan</i>	4,665.841	8.07
<i>Puebla</i>	5,666.569	9.80
<i>San Diego La Mesa Tochimiltzingo</i>	10,185.127	17.61
<i>San Juan Atzompa</i>	440.527	0.76
<i>Teopantlan</i>	6,467.892	11.18
<i>Tepeojuma</i>	1,760.303	3.04
<i>Tzicatlacoyan</i>	14,574.877	25.20
TOTAL	57, 815.283	99.97

9.1.3. Topografía.

El Área Natural Protegida Reserva Estatal Sierra del Tentzo, está conformada por dos cordilleras principales, la cordillera “Cumbre Tecole”, y la cordillera del Tentzo, que por ser la más conocida y la de mayor extensión da nombre a la Reserva Estatal.

En la zona convergen dos provincias fisiográficas, la del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, de las cuales esta última comprende la mayor parte de la zona de estudio. Dentro del ANP Tentzo se comprenden dos Subprovincias, la del Sur de Puebla la cual es una zona que contiene una litología heterogénea con rocas volcánicas, metamórficas y sedimentarias, dentro de estas últimas se incluyen depósitos de caliche y travertino; las geoformas que dominan dentro de la zona son lomerío y llanura, ubicadas al este de la REST en los municipios de Tzicatlacoyan, Molcaxac y San Juan Atzompa. La Subprovincia de Sierras y Valles Guerrerenses alterna Sierras y valles con orientación general hacia el sur, es de litología compleja pero con dominancia de rocas calcáreas. El sistema de topoformas que destaca es el

de Sierra de laderas tendidas, cuya máxima altitud es de 2,700m, comprende la mayor parte de la zona de la ANP en una amplia franja de este a oeste, se ubica en los municipios de Atlixco, Ocoyucan, Teopatlán, Huaquechula, San Diego La Mesa Tochimiltzingo, Molcaxac, Puebla, Tzicatlacoyan, Huehuetlán el Grande y Tepeojuma (SIG Puebla, INEGI 2000; Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011)

De manera general las geoformas que se presentan en el área, son las siguientes (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011):

- Valle al este de la zona, en los municipios de Atlixco y Ocoyucan, conformados por material de andesita y volcanoclástico, pertenece a la subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac, su proporción en el área es del 0.44%.
- Llanura al este, con presencia en los municipios de Atlixco, Ocoyucan, Tzicatlacoyan, Molcaxac y Huatlatlauca, compuestos de caliza, caliza-lutita, conglomerado y aluvial, pertenece a la Subprovincia del Sur de Puebla. La llanura tiene una presencia en el área del 1.43 %
- Lomeríos al este de la zona de la ANP Tentzo, en la Subprovincia del Sur de Puebla distribuidos de manera dispersa en los municipios de Molcaxac, Huatlatlauca, San Juan Atzompa, conformado por caliza, caliza lutita, caliche, metasedimentaria, limolita-arenisca, arenisca-conglomerado, conglomerado, andesita-brecha volcánica. Los lomeríos abarcan el 9.34%.de la zona.
- La Sierra del Tentzo que comprende la mayor parte del área se observa en una franja amplia de este a oeste, pertenece a las Sierras y Valles Guerrerenses, este tipo de geoformación tiene presencia de aluvial, andesita, andesita-conglomerado, basalto, caliza, basalto, conglomerado, dacita, esquisto, metasedimentaria, toba intermedia, volcanoclástico. La Sierra ocupa el 88.77% de la superficie.

Tabla 2. Geoformas en la Reserva Estatal Sierra del Tentzo (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011)

GEOFORMA	% REGIONAL
Llanura	1.4336
Lomerío	9.3462
Sierra	88.7715
Valle	0.4487
	100. 0000

9.1.4. Hidrología

De acuerdo con el Programa De Manejo Del Área Natural Protegida Reserva Estatal Sierra Del Tentzo (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011) la conservación de la Sierra del Tentzo garantiza la conservación de la corriente de agua más importante del estado. Para el Área Natural Protegida decretada, se calcularon 23 microcuencas.

Dentro de Puebla, la cuenca del Atoyac incluye a las subcuencas: A, Río Atoyac-Tehuiztingo; B, Atoyac-Balcón del Diablo; C, Presa Miguel Avila Camacho; D, Atoyac-San Martín Texmelucan; E, Río Nexapa; F, Río Mixteco; G, Río Acatlán; H, Laguna de Totolcingo y J, Alceseca. Estas subcuencas están representadas por corrientes menores como las de los ríos Alseseca, Huehuetlán, Laxamilpa entre otros (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

La captación de agua para la Sierra del Tentzo, se encuentra principalmente en las zonas de bosque de encino, al norte de la poligonal y, en la selva baja caducifolia colindando con los municipios de Atlixco, Huehuetlán El Grande, Molcaxac y Ocoyucan (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

Particularmente dentro de la zona de estudio se presentan algunos ramales del antes mencionado río principal, la más importante es el escurrimiento que se conoce como río Huehuetlán, el cual

da nombre a uno de los municipios incluidos en el área protegida, este ramal del Atoyac es el único de carácter permanente que atraviesa por la zona y que puede ser aprovechable, actualmente el río sustenta algunas actividades de carácter recreativo y es constantemente represado para actividades de acuacultura y como base de algunas actividades de agricultura de riego (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

Dentro del área también se puede localizar una sección del río Nexapa, las fuentes de dicho río se remontan hasta las faldas sur y occidental del Popocatepetl, donde los arroyos confluyen hacia el sur. En su parte inicial, el río desciende sobre las rocas ígneas del Eje Neovolcánico y sigue su ruta hacia la zona de rocas sedimentarias, es en esta parte donde el río entra en la zona de estudio, la naturaleza de las rocas sedimentarias ha provocado dentro de la Sierra del Tentzo que el río Nexapa se encañone, formando una riqueza paisajística única (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

En la zona que corresponde a la Sierra del Tentzo se observan distintas unidades de permeabilidad, que indican la capacidad de los diversos materiales geológicos (rocas y suelos) de permitir el paso de fluidos a través de ellos, en este caso el agua, por lo que la conservación de la Sierra del Tentzo es fundamental para promover y asegurar la recuperación de los mantos freáticos y las corrientes subterráneas de agua, que abastecen a la población local y regional (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

9.1.5. Clima y ecosistemas.

De acuerdo con el Programa De Manejo Del Área Natural Protegida Reserva Estatal Sierra Del Tentzo (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011) la zona del Tentzo se ubica en la parte centro oeste del estado donde convergen climas templados, semicálidos y semiáridos, el clima que tiene mayor predominancia en la zona de estudio es de los templados, se presentan diversos tipos de ecosistemas que se imbrican unos con otros, tales, como el bosque de encino, el bosque de pino o los bosques mixtos con afinidad subtropical y templada dada las alturas que se alcanzan en algunos puntos de la Sierra; los ecosistemas propios de áreas en latitudes subtropicales y de baja altitud, como la selva baja caducifolia; o los

ecosistemas típicos intermontañosos de México, como el matorral xerófilo, que alberga tanto especies biológicas de las zonas subtropicales como de las zonas templadas.

La Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial (2011) define que el bosque de encino abarca más del 50% del total de la superficie protegida, y en su mayor parte se encuentra degradada por la tala y el sobre pastoreo, siendo urgente establecer medidas de recuperación y protección para asegurar su presencia en la región. La selva baja caducifolia, presenta características únicas poco estudiadas en el estado, se encuentra en alrededor del 20% (Ha) de la superficie del área natural protegida. El matorral desértico xerófito, se localiza en menor porción dentro del área propuesta para Área Natural Protegida, únicamente el municipio de Molcaxac cuenta con ella, en una extensión de 2 061.4423 ha., que es el 3.39% del total de la zona, su hábitat va desde los 2,200 hasta los 1,800 msnm, por lo que su conservación a nivel regional es muy importante, así como el diseño de programas de manejo sustentable para preservar y mejorar la economía de varias poblaciones de la región que se dedican a la fabricación de artesanías de palma. En menor porción se encuentra los táscates dentro de la zona, ocupan aproximadamente 633.5425 ha, que representa el 1.04% del total de la superficie.

9.1.6. Flora y Fauna.

En el Programa De Manejo Del Área Natural Protegida Reserva Estatal Sierra Del Tentzo (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011) se registran 18 especies de mamíferos, 153 especies de aves y 21 reptiles.

Se enlistan las 18 especies de Mamíferos de 14 familias, lo que equivale al 13 % de las especies y 67% de las familias de mamíferos de Puebla.

Tabla 3. Principales mamíferos reportados en la Reserva Estatal Sierra del Tentzo (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011)

Orden	Familia	Nom.Científico	NOM-059- SEMARN AT 2010
Marsupiali a	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	

Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Choeronycteris mexicana</i>	Amenaza
	Vespertilionidae	<i>Myotis velifera</i>	
	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	
Edentata	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i>	
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	
Rodentia	Sciuridae	<i>Spermophilus variegatus</i>	
	Muridae	<i>Peromyscus truei</i>	
		<i>Mus musculus</i>	
Carnivora	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	
		<i>Canis latrans</i>	
	Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i>	
		<i>Procyon lotor</i>	
	Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	
		<i>Mephitis mephitis</i>	
	Felidae	<i>Lynx rufus</i>	
Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Tayassu tajacu</i>	
	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	

Con lo que respecta a Anfibios y Reptiles se reportan al menos: 3 especies de 3 familias de anfibios, 18 especies de reptiles de 7 familias. El 50 % de los anfibios y el 72% de los reptiles son endémicos de México (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

Tabla 4.Principales anfibios y reptiles reportados en la Reserva Estatal Sierra del Tentzo (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011)

Orden	Familia	Nom.Científico	NOM-059-SEMARNAT-
-------	---------	----------------	-------------------

			2010
	Bufonidae	<i>Bufo occidentalis</i>	
	Ranidae	<i>Rana spectabilis</i>	
	Hylidae	<i>Hyla arenicolor</i>	
Testudines	Emyidae	<i>Kinosternon integrum</i>	
Squamata	Anguidae	<i>Gerrhonotus l. liocephalus</i>	Protección especial
	Iguanidae (Polychrotidae)	<i>Anolis nebulosus</i>	
		<i>Urosaurus bicarinatus</i>	
		<i>Sceloporus s. spinosus</i>	
		<i>Sceloporus jalapae</i>	
		<i>Sceloporus grammicus microlepidotus</i>	Protección especial
		<i>Sceloporus m. megalepidurus</i>	Protección especial Endémica
	Teiidae	<i>Cnemidophorus costatus costatus</i>	
Squamata	Colubridae	<i>Tantilla b. bocourti</i>	
		<i>Lampropeltis triangulum</i>	
		<i>Masticophis m. mentovarius</i>	
		<i>Pituophis d. deppei</i>	Amenaza Endémica
		<i>Salvadora bairdii</i>	Protección especial Endémica

		<i>Trimorphodon tau latifascia</i>	
		<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	
		<i>Conopsis nasus</i>	
	Viperidae	<i>Sistrurus ravus</i>	Protección especial Endémica

Dentro del grupo de las Aves se registran cerca de: 153 especies de 40 familias de aves; lo que representa alrededor del 48% de las familias que se distribuyen en México. De éstas, cerca del 7% son endémicas de México (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

Tabla 5. Principales aves reportadas en la Reserva Estatal Sierra del Tentzo (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011)

Familia	Nom.Científico	NOM-059-SEMAARNAT 2010
Podicipedidae	<i>Podilymbus podiceps</i>	
	<i>Podiceps nigricollis</i>	
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax olivaceous</i>	
Ardeidae	<i>Ardea Herodias</i>	
	<i>Casmerodius albus</i>	
	<i>Egretta thula</i>	
	<i>Egretta caerulea</i>	
	<i>Egretta tricolor</i>	
	<i>Bubulcus ibis</i>	
	<i>Butiroides virescens</i>	
	<i>Nycticorax nycticorax</i>	
	<i>Nyctanassa violacea</i>	
Treskiornithidae	<i>Plegadis chihi</i>	

Anatidae	<i>Anas platyrhynchos</i>	Amenazada/Endémica
	<i>Anas discors</i>	
	<i>Oxyura jamaicensis</i>	
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	
	<i>Cathartes aura</i>	
Accipitridae	<i>Pandion haliaetus</i>	
Familia	Nom.Científico	NOM-059-SEMAARNAT 2010
	<i>Ictinia mississippiensis</i>	Protección especial
	<i>Circus cyaneus</i>	
	<i>Accipiter cooperi</i>	Protección especial
	<i>Leucopternis albicollis</i>	Protección especial
	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Protección especial
	<i>Buteo lineatus</i>	Protección especial
	<i>Buteo platypterus</i>	Protección especial
	<i>Buteo jamaicensis</i>	Protección especial/ Endémica
	<i>Buteo regalis</i>	Protección especial
Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	
Phasianidae	<i>Colinus virginianus ridgwayi</i>	Peligro/ Endémica
Rallidae	<i>Porzana Carolina</i>	
	<i>Gallinula chloropus</i>	
	<i>Fulica Americana</i>	
Charadriidae	<i>Charadrius vociferous</i>	
Recurvirostridae	<i>Recurvirostra americana</i>	
Scolopacidae	<i>Tringa solitaria</i>	
	<i>Actitis macularia</i>	
	<i>Calidris minutilla</i>	

	<i>Gallinago gallinago</i>	
Phalaropodidae	<i>Phalaropus tricolor</i>	
Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	
	<i>Zenaida macroura</i>	
	<i>Columbina inca</i>	
	<i>Leptoptila rufacilla</i>	
Cuculidae	<i>Geococcyx velox</i>	
Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	
Familia	Nom.Científico	NOM-059-SEMAARNAT 2010
Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	
Caprimulgidae	<i>Chordeiles acutipennis</i>	
Trochilidae	<i>Cynanthus sordidus</i>	
	<i>Hylocharis leucotis</i>	
	<i>Amazilia yucatanensis</i>	
	<i>Amazilia violiceps</i>	
	<i>Amazilia viridifrons</i>	Amenaza/ Endémica
	<i>Amazilia beryllina</i>	
	<i>Archilochus colubris</i>	
	<i>Calothrorax lucifer</i>	
	<i>Selasphorus platycercus</i>	
	<i>Selasphorus rufus</i>	
Momotidae	<i>Momotus mexicanus</i>	
Alcedinidae	<i>Ceryle alcyon</i>	
	<i>Chloroceryle americana</i>	
Picidae	<i>Melanerpes formicivorus</i>	
	<i>Melanerpes hypopolius</i>	

	<i>Melanerpes uropygialis</i>	
	<i>Melanerpes chrysogenys</i>	
	<i>Picoides scalaris</i>	
	<i>Colaptes auratus</i>	
Tyrannidae	<i>Elaenia flavogaster</i>	
	<i>Contopus sordidulus</i>	
	<i>Empidonax difficilis</i>	
	<i>Empidonax fulvifrons</i>	
	<i>Sayornis nigricans</i>	
	<i>Sayornis saya</i>	
Familia	Nom.Científico	NOM-059-SEMAARNAT 2010
	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	
	<i>Attila spadiceus</i>	
	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	
	<i>Tyrannus vociferans</i>	
	<i>Pachyramphus aglae</i>	
Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	
	<i>Hirundo pyrrhonota</i>	
	<i>Hirundo rustica</i>	
Corvidae	<i>Aphelocoma caerulescens</i>	
Paridae	<i>Parus wollweberi</i>	
Aegithalidae	<i>Psaltiriparus minimus</i>	
Troglodytidae	<i>Campylorhynchus gularis</i>	
	<i>Salpinctes obsoletus</i>	

	<i>Catherpes mexicanus</i>	
	<i>Thryothorus maculipectus</i>	
Muscicapidae	<i>Regulus calendula</i>	
	<i>Polioptila caerulea</i>	
	<i>Catharus guttatus</i>	
	<i>Turdus migratorius</i>	
Mimidae	<i>Melanotis caerulescens</i>	
	<i>Mimus polyglottos</i>	
	<i>Oreoscoptes montanus</i>	
	<i>Toxostoma curvirostre</i>	
	<i>Toxostoma ocellatum</i>	
Bombycillidae	<i>Bombycilla cedrorum</i>	
Familia	Nom.Científico	NOM-059-SEMAARNAT 2010
Ptilogonatidae	<i>Ptilogonys cinereus</i>	
	<i>Phainopepla nitens</i>	
Lanidae	<i>Lanius ludovicianus</i>	
Sturnidae	<i>Sturnus vulgaris</i>	
Vireonidae	<i>Vireo solitarius</i>	
	<i>Vireo gilvus</i>	
Emberizidae (Parulinae)	<i>Vermivora celata</i>	
	<i>Dendroica coronata</i>	
	<i>Dendroica nigrescens</i>	
	<i>Dendroica townsendi</i>	
	<i>Dendroica occidentalis</i>	
	<i>Dendroica fusca</i>	
	<i>Mniotilta varia</i>	

	<i>Geothlypis trichas</i>	
	<i>Wilsonia pusilla</i>	
	<i>Cardellina rubrifrons</i>	
	<i>Myioborus miniatus</i>	
	<i>Basileuterus rufifrons</i>	
Emberizidae (Thraupinae)	<i>Euphonia elegantissima</i>	
Emberizidae (Cardinalinae)	<i>Cardinalis cardinalis</i>	
	<i>Pheucticus chrysopheplus</i>	
	<i>Pheucticus melanocephalus</i>	
	<i>Guiraca caerulea</i>	
Emberizidae (Emberizinae)	<i>Pipilo erythrophthalmus</i>	
	<i>Pipilo fuscus</i>	
	<i>Sporophila torqueola</i>	
	<i>Aimophila humeralis</i>	
Familia	Nom.Científico	NOM-059-SEMAARNAT 2010
	<i>Aimophila ruficauda</i>	
	<i>Aimophila botterii</i>	
	<i>Aimophila ruficeps</i>	
	<i>Aimophila mystacalis</i>	
	<i>Spizella passerina</i>	
	<i>Chondestes grammacus</i>	
	<i>Melospiza lincolnii</i>	
	<i>Calcarius ornatus</i>	
	<i>Junco phaeonotus</i>	
Emberizidae (Icterinae)	<i>Agelaius phoeniceus</i>	
	<i>Sturnella magna</i>	

	<i>Dives dives</i>	
	<i>Quiscalus mexicanus</i>	
	<i>Molothrus aeneus</i>	
	<i>Molothrus ater</i>	
	<i>Scaphidura oryzivora</i>	
	<i>Icterus d. prothemelas</i>	
	<i>Icterus spurius</i>	
	<i>Icterus cucullatus</i>	
	<i>Icterus wagleri</i>	
	<i>Icterus bullockii</i>	
	<i>Icterus parisorum</i>	
	<i>Icterus pustulatus</i>	
Fringillidae	<i>Carpodacus mexicanus</i>	
	<i>Carduelis psaltria</i>	
Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	

Los resultados del análisis determinan que dentro de la zona de estudio, se identificaron al menos 974 especies de flora, fauna y hongos, de las cuales 22 están catalogados dentro de la NOM-059- SEMARNAT-2010 en alguna categoría de protección, 36 sujetas a protecciones especiales y/o amenazadas y 13 endémicas (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011)

La estructura del paisaje corresponde a un matorral abierto con grupos de árboles de talla baja o mediana, situados sobre todo en las cañadas o en algunas laderas donde aparentemente se recibe más humedad. Las arboledas de las laderas están compuestas por especies de Quercus, Ipomea y Acacia, pero en las cañadas se agregan ejemplares Juniperus y Taxodium. En el nivel arbustivo se observan especies de Bursera, Yucca, Opuntia, Agave, Senecio y palmáceas del género Brahea. Bajo los árboles y arbustos o entre los grupos de rocas, se forman combinaciones de cactáceas con helechos, selaginelas, musgos, líquenes, bromeliáceas, agaváceas, liliáceas y

gramíneas, que aprovechan las oquedades y grietas formadas en las calizas afloradas, donde se desarrolla un litosol escaso. En la zona se practica un pastoreo nómada de ganado, estos hábitos de forrajeo y ramoneo contribuyen a la formación de grupos compactos de especies vegetales que se protegen bajo las defensas de las especies espinosas. También se encuentran las siguientes especies: *Acacia bilimekii*, *Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula*, *Acacia tequilana*, *Acalypha phleoides*, *Actinocheita potentillifolia*, *Agave potatorum*, *Aloysia gratissima*, *Amelanchier denticulata*, *Amicia zygomeris*, *Arbutus glandulosa*, *Senecio salignus*, *Brahea dulcis*, *Buddleja cordata* (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

9.1.7. Población y situación socioeconómica.

El Área Natural Protegida está integrada por 13 municipios. La población total de las 41 comunidades que integran la poligonal es 21, 197 habitantes. La población indígena es de 198 personas, es decir el 0.94% de la población (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

Hay 4,754 hogares, de los cuales el 18% cuenta con jefatura femenil; es decir, 1 de cada 5 hogares en promedio (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

El 90% de la población no tiene derecho a servicios de salud (19,077 personas), el servicio de salud en el área es proporcionado a través de las clínicas de salud de la SS o bien de las SSA de asistencia social, ubicados en las cabeceras municipales y las comunidades importantes atendidas por un médico y una enfermera (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

El 13% (2,755 personas) de la población es analfabeta y en su mayoría son las mujeres las de mayor incidencia. El 31.2 % de los habitantes de la región no concluyó su educación básica y el 6.8 % continuó sus estudios pos básicos. El grado de escolaridad de los habitantes es de 4.5 años (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

El 92.7 % de la población es católica, el 3.7 % es creyente no católico y el resto de la población no tiene una religión definida o no es creyente (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

Del total de los hogares (6,428 viviendas) el 23 % de las viviendas tienen piso de tierra. El promedio de personas por hogar es de 4.4 (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

Tabla 6. Servicios y viviendas que disponen de ellos (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011)

SERVICIOS	No. DE VIVIENDAS QUE DISPONEN DE	PORCENTAJE
Servicio sanitario	1, 800	28. 00 %
Agua entubada	2, 406	37. 43 %
Drenaje	1, 446	22. 49 %
Energía eléctrica	5, 493	85, 45 %

Los habitantes del área tienen acceso a cadenas de televisión abierta, hay servicios de televisión de paga y de estaciones de radiodifusoras estatales y nacionales. En los municipios con mayor infraestructura el servicio telefónico domiciliario es común, en algunos municipios este servicio es brindado solo por casetas telefónicas. Además cuentan con servicio de correo (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011).

9.1.8. Actividades económicas.

De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial (2011) los habitantes se dedican principalmente a actividades del sector primario, esencialmente la agricultura y al ganado de traspatio. Los ingresos son bajos y con carencias en servicios públicos, de vivienda y salud, así como un bajo nivel académico. Sector primario: 7 municipios (48.4% de la población total de la zona). Sector secundario: 3 municipios (28.12% de la población total de la zona). Sector terciario: 3 municipios (23.2% de la población total de la zona).

La población económicamente activa de la región de la Sierra del Tentzo y localidades de influencia es de 7,368 habitantes (23.6% de la población total de la región), agrupadas de la siguiente forma (Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, 2011):

- Sector primario: agricultura, ganadería, caza y pesca es de 2,936 habitantes, es decir, el 39.8 % de la población.
- Sector secundario: industria manufacturera, construcción y electricidad es de 2,745 habitantes, es decir, el 37.2% de la población.
- Sector terciario: comercio, turismo y servicio es de 1,359 habitantes, es decir el, 18.4 % de la población

9.2. San Diego La Mesa Tochimiltzingo

Tochimiltzingo, deriva de “tochtli”, conejo; “milli” sementera, milpa; “zintli”, diminutivo y “co”, en; esto justo significa “en milpitas o pequeñas sementeras de los conejos”.

9.2.1. Ubicación.

De acuerdo con el Gobierno del Estado de Puebla (2014), el Municipio de San Diego La Mesa Tochimiltzingo se ubica al centro oeste del Estado de Puebla con una superficie de 91.90 km². Se localiza a 47 km de la Ciudad de Puebla comunicándose por la carretera federal 190, y sus colindancias son:

- Al Norte colinda con la Ciudad de Puebla y el Municipio de Atlixco.
- Al Sur colinda con el Municipio de Xochiltepec.
- Al Este colinda con el Municipio de Teopatlán.
- Al Oeste colinda con el Municipio de Tepeojuma.

Tiene como coordenadas geográficas, los paralelos 18° 15’ 12” Y 18° 51’ 06” de latitud Norte, y los meridianos 98° 17’ 21” Y 98° 22’ 21” de longitud Occidental y se encuentra a 1,780 metros sobre el nivel del mar.

9.2.2. Topografía

De acuerdo con el Gobierno del Estado de Puebla (2014), el Municipio se ubica en el extenso valle conocido como Valle de Atlixco y Matamoros, el cual forma parte de la meseta poblana. Presenta un relieve montañoso conformado por numerosos cerros, aislados y alturas que varían entre los 1800 hasta los 2300 metros sobre el nivel del mar, destacando los siguientes cerros: por San Diego La Mesa Tochimiltzingo: El Pinto, La Cumbre (1840 m.s.n.m), Merino (1980 m.s.n.m), Tzencales (2020 m.s.n.m), Tecahuilera (2000 m.s.n.m), El Joseph (1980 m.s.n.m), La Cuatillera (2020 m.s.n.m), El Cutiller (1920 m.s.n.m), Tecopile (2100 m.s.n.m); por Guadalupe Amolocayan: Chipocame (1980 m.s.n.m), El Huehue (1880 m.s.n.m), Cerro Ziliyero (1700 m.s.n.m); por San Bartolome Chimalhuacan: Quitasol (2120 m.s.n.m), Xohutz (2320 m.s.n.m), El Conejo (2060 m.s.n.m), Tepehuajera (2200 m.s.n.m), El Potrero (1980 m.s.n.m).

9.2.3. Hidrología

De acuerdo con el Gobierno del Estado de Puebla (2014), el Municipio pertenece a la cuenca del Río Atoyac, una de las cuencas más importantes del Estado. Solo cuenta con una corriente permanente, el Río Grande, el cual lo baña de este a oeste y forma, fuera del territorio municipal, el río Atotonilco, afluente del Nexapa que a su vez es uno de los principales tributarios del Río Atoyac.

También cuenta con algunos arroyos temporales originados en las laderas de los cerros del interior y que se unen principalmente a la barranca grande. Los arroyos encontrados en la Cabecera Municipal desembocan en el Río Grande al cual llaman en el Municipio como Apasaque el cual cruza parte del Municipio de Huaquechula y sirve de abastecimiento de agua para el ganado que cruza por este lugar (Gobierno del Estado de Puebla, 2014).

9.2.4. Población y situación socioeconómica.

De acuerdo con el Gobierno del Estado de Puebla (2014) San Diego La Mesa cuenta con una población de 1,132 habitantes en comunidad rural al 100%, siendo el 48.50% que representan

549 hombres y el 52.50% que corresponde a 583 mujeres lo cual representa una densidad de población de 9 hab/km².

En los principales indicadores de desarrollo, el Municipio de San Diego La Mesa Tochimiltzingo presenta un alto grado de rezago social, que lo lleva a ocupar el lugar número 39 a nivel estatal en grado de marginación y el lugar número 446 a nivel nacional , lo cual ha provocado que el Municipio cuente con alto grado de intensidad migratoria ocupando el lugar número 32 a nivel estatal y el 430 a nivel nacional (Gobierno del Estado de Puebla, 2014).

827 individuos (85.4% del total de la población) se encuentran en pobreza, de los cuales 473 (48.9%) presentan pobreza moderada y 354 (36.6%) pobreza extrema (Gobierno del Estado de Puebla, 2014).

El Municipio presenta apenas una cobertura de agua potable del 60.7%, en drenaje sólo cuenta con una cobertura del 77.1%, y en electricidad tiene una cobertura del 98.6% que se suministra a las viviendas, estando aún por debajo de la cobertura de servicios básicos a nivel estatal (Gobierno del Estado de Puebla, 2014).

El Municipio cuenta con una unidad médica de consulta externa; el personal médico es de cuatro personas para atender a todo el Municipio; el porcentaje de personas sin acceso a servicios de salud es de 35% (Gobierno del Estado de Puebla, 2014).

La carencia por acceso a la seguridad social afecta a 95.4% de la población; y la incidencia de la carencia por acceso a la alimentación es de 32.6% (Gobierno del Estado de Puebla, 2014)

La condición de rezago educativo afecta a 51.7% de la población; el grado promedio de escolaridad de la población de 15 años o más en el Municipio es de 4.5. Actualmente el Municipio cuenta con cuatro escuelas preescolares, cuatro primarias, una secundaria, un bachillerato y ninguna escuela de formación para el trabajo; el Municipio no cuenta con ninguna primaria indígena; además de que cuenta con 187 habitantes analfabetas que representa el 24.1% en relación a la población mayor de 15 años y más (Gobierno del Estado de Puebla, 2014).

Referente a la vivienda en el Municipio hay 280 hogares, de los cuales 50 están encabezados por jefas de familia. El tamaño promedio de los hogares en el Municipio es de 4 integrantes (Gobierno del Estado de Puebla, 2014).

En el 85.4% de los hogares del Municipio cuentan con televisión, apenas un 13.2% cuenta con teléfono fijo, 1.1% cuenta con computadora y un 0.4% cuenta con internet. Las viviendas que cuentan con automóvil o camioneta son del 24.6% (Gobierno del Estado de Puebla, 2014).

El porcentaje de individuos que reportó habitar en viviendas con mala calidad de materiales y espacio insuficiente en el Municipio es de 22.4%. Así como el porcentaje de personas en viviendas sin disponibilidad de servicios básicos es de 68.7%, lo que significa que las condiciones de vivienda no son las adecuadas para 665 personas (Gobierno del Estado de Puebla, 2014).

9.2.5. Actividades económicas.

De acuerdo con el Gobierno del Estado de Puebla (2014) la actividad preponderante es la agropecuaria, siendo los principales cultivos el frijol y maíz, además se crían aves de corral, ganado caprino, bovino y equino de muy bajo valor genético.

La industria en el Municipio se basa en la producción de licor de agave elaborado por tradición familiar y ancestral (Gobierno del Estado de Puebla, 2014).

También se extrae mármol de yacimientos existentes, el cual tiene buena aceptación en el mercado estatal (Gobierno del Estado de Puebla, 2014)..

El comercio y los servicios son muy distintos al estado, ya que solo existe el pequeño y mediano comercio, lo cual facilita los intercambios de diversos productos (Gobierno del Estado de Puebla, 2014).

Capítulo X. Metodología de investigación

10.1. Metodología del Objetivo 1: Diagnóstico cadena agave-mezcal

El diagnóstico se llevó a cabo en tres etapas: visita prospectiva, entrevistas y recorridos en campo, y talleres participativos.

10.1.1. Etapa 1: Visitas prospectivas.

Se llevaron a cabo dos visitas prospectivas al municipio de San Diego La Mesa Tochimiltzingo, con la finalidad de realizar el primer contacto con los productores de mezcal, para poder identificar a los posibles informantes clave y elegir las herramientas adecuadas para el diagnóstico. Se mantuvieron conversaciones y entrevistas informales con el presidente municipal C. Reynaldo García Campos y con maestros mezcaleros de la localidad de Tochimiltzingo, para hacer un reconocimiento de las generalidades de la región, que posteriormente permitiera diseñar el instrumento de diagnóstico a aplicar.

10.1.2. Etapa 2: Diálogo semiestructurado con informantes clave y recorridos en campo.

La técnica del diálogo semiestructurado tiene como objetivo recolectar información general o específica mediante la conversación con individuos o grupos, evitando los efectos negativos de los cuestionarios formales, como los temas cerrados donde no hay flexibilidad para explorar otros asuntos, la falta de diálogo y la falta de adecuación a las percepciones de las personas, entre otros (Geilfus, 2009). La diferencia entre un diálogo y una entrevista, es que se busca un intercambio, por lo cual se debe solamente tener una serie de temas preparados a modo de guía de la conversación, tomando en cuenta lo siguiente (Geilfus, 2009):

- Determinar cuáles son las necesidades y objetivos de aprendizaje;
- Establecer una lista de los temas a tratar para satisfacer estas necesidades;
- Discutir la problemática relacionada con cada tema;
- Dividir los temas en subtemas si es necesario;

- Discutir a quién se dirigirá el ejercicio para formular los temas;
- Seleccionar el método más apropiado para recibir la información adecuada sobre cada tema;
- Recordar que la guía de entrevista no debe ser seguida de forma mecánica, sino que debe dejarse fluir el diálogo.

10.1.2.1. Diseño de la herramienta.

Tomando en cuenta las recomendaciones de Geilfus (2009), se enlistaron los temas de interés para llevar a cabo el diagnóstico de la producción de mezcal en San Diego la Mesa Tochimiltzingo, abarcando características socioeconómicas de los productores, materias primas, rendimientos de producción, manejo de residuos, comercialización del producto, problemáticas entorno a la fabricación del mezcal y actividades económicas complementarias. A continuación, en la Tabla 7 se muestra la guía final utilizada para el diálogo con informantes clave:

Tabla 7. Guía para diálogo semiestructurado con informantes clave.

Características socioeconómicas 1. Sexo. 2. Estudios. 3. Edad. 4. Situación familiar. 5. Dependientes económicos. 6. Lugar de residencia. 7. Lugar de origen.
Producción de mezcal 8. ¿Qué especies de agave usa? ¿Cuál utiliza más? 9. ¿Cuántas piñas necesita para la producción? 10. ¿De dónde obtienen las plantas? (extraída, cultivada, comprada) 11. ¿Cómo es su forma de trabajo? (individual, cooperativa) 12. ¿Cómo es el proceso de producción? 13. ¿Qué cantidad de mezcal produce? 14. ¿Cuántos agaves se necesitan para lograr esa producción?
Leña, agua y bagazo 15. ¿Cuánta leña utiliza para producir mezcal?

16. ¿Cómo consiguen la leña? (compra, tala) 17. ¿De qué planta se obtiene la leña? 18. ¿Cuánta agua se utiliza en el proceso de producción de mezcal? 19. ¿Cuánto bagazo sale de la producción? 20. ¿Qué hacen con el bagazo?
Comercialización 21. ¿Qué precio tiene un litro de su mezcal? ¿Cuál es su margen de ganancia? 22. ¿Cuántos litros vende en la temporada? ¿En dónde lo venden? 23. ¿Tiene marca? ¿Le interesaría tener su propia marca? 24. ¿Conoce el Consejo Regulador del Mezcal? ¿Le interesaría certificar su mezcal?
Actividades económicas complementarias 25. ¿Qué meses del año produce mezcal? 26. Cuando no hay producción de mezcal, ¿A qué se dedica?
Áreas de oportunidad 27. ¿A qué problemas/limitaciones considera que se enfrenta y en qué le gustaría mejorar? (recolección, producción, comercialización, etc)

10.1.2.2. Aplicación de la herramienta.

Para la aplicación de la técnica de diálogo semiestructurado, se seleccionaron a los informantes clave, quienes fueron reconocidos inicialmente en la etapa de visita prospectiva, eligiendo a 6 maestros mezcaleros de la fábrica “Tepenuhuazo”, con quienes se dialogó de manera individual.

Previo al diálogo, se imprimió la guía mostrada en la Tabla 7 con la finalidad de fungir como apoyo para conseguir la información buscada y poder tomar notas en cada sección. El diálogo con cada maestro mezcalero se llevó a cabo en la fábrica anteriormente mencionada, al momento en que se encontraban destilando el mezcal, lo cual permitió combinar la actividad con recorridos en campo y reconocimiento y documentación del proceso productivo de primera mano.

Las preguntas de la guía fueron completadas sin un orden específico, permitiendo el flujo natural de la conversación con los informantes clave, evitando interrupciones y cambios bruscos de tema. Se realizaron solamente preguntas abiertas, invitando al informante a profundizar en sus comentarios. El lenguaje utilizado fue coloquial, buscando mantener un ambiente de confianza y respeto.

10.1.3. Etapa 3: Talleres participativos

Una vez concluida la etapa de diagnóstico mediante el diálogo semiestructurado y los recorridos en campo, se procedió a la fase de talleres participativos para la obtención de información más específica sobre las áreas de oportunidad halladas, a través del uso de las técnicas de lluvia de ideas, árbol de problema y caracterización de prácticas de manejo.

Para lograr lo anterior, se acudió a la presidencia municipal de San Diego La Mesa Tochimiltzingo para informar a las autoridades sobre la intención de realizar un taller participativo, fijando una fecha y extendiendo la invitación a todo aquél que tuviera relación con la elaboración de mezcal y que estuviera interesado en participar.

El taller participativo se llevó a cabo en el quiosco de la presidencia municipal de San Diego La Mesa Tochimiltzingo, contando con la asistencia de 2 moderadores y 10 participantes, entre ellos: 1 productor de agave, 3 productores de mezcal, 5 comercializadores de mezcal y el presidente municipal. Con una duración total de 4 horas, la sesión permitió realizar una lluvia de ideas sobre las principales problemáticas alrededor de la cadena productiva agave-mezcal, para posteriormente elegir el área de oportunidad más apremiante y partir de ella para elaborar el árbol de problemas.

Finalmente, se realizó la caracterización de prácticas de manejo del agave cultivado y el agave silvestre, participando solamente quienes tienen experiencia en este tema, reduciendo el grupo de trabajo a 5 personas: 1 productor de agave, 3 productores de mezcal y el presidente municipal.



Figura 4. Presidencia municipal de San Diego La Mesa Tochimiltzingo



Figura 5. Quiosco de la presidencia municipal

10.1.3.1. Lluvia de ideas.

La lluvia de ideas es una herramienta dinámica que permite recolectar todas las percepciones de las personas que conforman el grupo de trabajo, logrando obtener una idea general de los pensamientos y reacciones de la gente ante un evento (Geilfus, 2009). Para efectos de esta investigación, el tema de la lluvia de ideas fue las principales problemáticas a las que se enfrentan todos los involucrados en la cadena productiva agave-mezcal.

Los participantes expresaron sus ideas en voz alta, mientras el moderador escribía la lista en un rotafolio a la vista de todos. Al concluir el ejercicio, los participantes discutieron entre ellos la lista de problemáticas generada y eligieron la más apremiante, montando la base para la siguiente dinámica.

10.1.3.2. Árbol de problemas: diagrama de causas y efectos.

Posterior a la lluvia de ideas, los participantes eligieron el área de oportunidad más importante respecto a la cadena productiva agave-mezcal, siendo ésta el punto de partida para construir el árbol de problemas. Esta técnica tiene como objetivo profundizar en la problemática seleccionada, logrando una reflexión y mejor entendimiento de la misma, a partir de sus causas y efectos (Geilfus, 2009).

La metodología consistió en dibujar un árbol en un rotafolio, invitando a los participantes a colocar en él la siguiente información:

- En el tronco: el problema central elegido.
- En las raíces: causas que originan el problema central.
- En la copa: efectos que genera el problema central.

Al concluir el ejercicio, los participantes logran un mayor entendimiento de la situación estudiada, comprendiendo sus causas y efectos, reflexionando a su vez sobre posibles soluciones.

10.1.3.3. Caracterización de prácticas de manejo.

Como última actividad del taller participativo, se procede a realizar la caracterización de prácticas de manejo. Esta técnica de diagnóstico para sistemas de producción sirve para identificar la forma en que los agricultores manejan los recursos a los cuales tienen acceso, permitiendo a su vez preguntarles por qué realizan ciertas prácticas en determinada forma (Geilfus, 2009). Para este trabajo, la herramienta tiene como objetivo identificar, caracterizar y diagnosticar las prácticas de manejo del agave cultivado y del agave extraído del medio silvestre.

En este ejercicio participan solo las personas que cuentan con experiencia en el área de cultivo de agave o jimado de agave silvestre, por lo que el grupo de trabajo se reduce de 10 a 5 personas, obteniendo un grupo enfocado conformado por 1 productor de agave, 3 productores de mezcal y el presidente municipal.

Al grupo enfocado se le pide que tome plumones y rotafolio, y que dibuje las diferentes prácticas existentes en:

- a) El cultivo del agave.
- b) El jimado del agave silvestre.

Mientras los participantes dibujan las prácticas que realizan, los moderadores fomentan la lluvia de ideas y preguntan sobre cómo y por qué lo hacen, profundizando en los temas y tomando nota de la información compartida. Para finalizar, la información recolectada es revisada y clasificada de ser necesario.

10.2. Metodología del Objetivo 2: Análisis de estructura poblacional de agave silvestre en zona núcleo de la Reserva Estatal Sierra del Tentzo

Se analizó la estructura poblacional del *A. potatorum* y el *A. angustifolia*, en la zona núcleo de la Reserva Estatal Sierra del Tentzo, mediante un muestreo de vegetación por el método de cuadrantes, abarcando un área de 1300m² el sitio seleccionado, recabando los datos de altura, diámetro y número de hojas de las especies de agave encontradas, tomando como base la teoría

de Mostacedo y Fredericksen (2000) y el estudio de Torres (2009), para analizar el estado de conservación de las poblaciones de agave en la zona estudiada.

Se realizó una visita prospectiva para el reconocimiento de las zonas potenciales para llevar a cabo el muestreo de vegetación, eligiendo el “Paraje de los ahogados” como sitio de estudio, ubicado en el municipio de San Diego La Mesa Tochimiltzingo, situado dentro de la zona núcleo del ANP Reserva Estatal Sierra del Tentzo, el cual mostró los menores rasgos de incidencia antropogénica.

Para la medición del cuadrante de muestreo se utilizó un longímetro de 30 metros, delimitando un área de 20 metros de ancho por 65 metros de largo. Se cercó el espacio medido haciendo uso de rafia roja y estacas de metal.

Se tomaron las coordenadas geográficas de cada esquina del cuadrante por medio de un GPS Garmin eTrex10, para su posterior georreferenciación en los softwares QGIS y Google Earth.

Una vez delimitado el cuadrante, se procedió a la identificación de los agaves hallados, numerándolos y marcándolos con pintura vegetal no tóxica en las pencas. Cada agave encontrado fue medido en altura, diámetro y número de hojas, con la ayuda de cintas métricas y flexómetros. Así mismo se registró la ubicación de cada individuo, utilizando el sistema de coordenadas cartesianas, tomando como origen la esquina inferior izquierda del cuadrante marcado. De igual forma se procedió al reconocimiento y documentación de otras especies vegetales halladas, ubicadas dentro del mismo espacio.

Una vez recopilados todos los datos deseados, se procede a describir la estructura poblacional del *Agave angustifolia*, analizando la población por su altura, por su diámetro y por su número de hojas.

Se hace uso de la fórmula estadística de Sturges para calcular el número de clases en las que se deben agrupar los datos:

$$K = 1 + 3.322 \log (N)$$

Donde N es el total de frecuencias, es decir, el total de agaves contabilizados, y K el número de clases en las que habrá que agruparlos. Posteriormente se calcula la amplitud de dichas clases, por medio de la fórmula estadística mostrada a continuación:

$$A = \frac{Rg}{K} = \frac{VMax - Vmin}{K}$$

Donde Rg es el rango, entendido como la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo, K es el número de clases calculado y A es la amplitud o ancho de clase. Notar que la amplitud o ancho puede calcularse a partir de los datos de altura, diámetro o número de hojas obtenidos en el muestreo de vegetación por cuadrantes.

Se organizan los datos de acuerdo con el número de clases y el ancho calculado, obteniendo clasificaciones por altura, por diámetro y por número de hojas de los agaves muestreados.

10.3. Metodología del Objetivo 3: Hallar condiciones ideales para reproducción de agave en vivero

Se llevaron a cabo pruebas de germinación de semillas de *A. potatorum* y *A. angustifolia*, en sustrato de peat moss con agrolita, hallado como el más adecuado por Aguilar y Rodríguez (2018), bajo distintas condiciones controladas de humedad, temperatura y luz, evaluando el número de brotes por cada experimento, para determinar las condiciones ambientales más adecuadas para su propagación en vivero y la propuesta del mismo como estrategia de rescate y conservación, sugerida por los estudios de Baraza y Estrella-Ruiz (2008), Delgado-Lemus (2008) y Torres *et al.* (2013). Los experimentos se llevaron a cabo en el Centro de Investigación en Plantas Nativas de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, ubicado a 25 km del San Diego La Mesa Tochimiltzingo, compartiendo una altitud y clima similares.

10.3.1. Selección de semilla y preparación del sustrato.

La semilla para ambas especies fue recolectada del medio silvestre por los productores de mezcal y fue proporcionada al Centro de Investigación en Plantas Nativas de la UPAEP (ver

Figura 6) para llevar a cabo su germinación, el cual se ubica 25 km de San Diego la Mesa Tochimiltzingo, compartiendo condiciones similares de elevación y clima.



Figura 6. Centro de Investigación de Plantas Nativas UPAEP

Como primer paso, se tamizaron las semillas utilizando una malla de 3.36 mm para separar las cáscaras y las semillas rotas del resto (ver Figura 7). Se observaron dos coloraciones diferentes en las semillas recuperadas y se identificó que las de color café claro se encontraban vacías, mientras que las de color negro sí contenían embrión, por lo que se realizó una segunda separación, manual, siguiendo este criterio (ver Figura 8 y Figura 9).

Se seleccionaron 600 semillas de *A.potatorum* y 600 semillas de *A.angustifolia*, las cuales no fueron sometidas a ningún tratamiento adicional.



Figura 7. Tamizado de semillas con malla de 3.36 mm



Figura 8. Semillas vanas y con embrión mezcladas



Figura 9. Semillas vanas (izquierda) y semillas con embrión (derecha) separadas por color

El sustrato para la germinación se preparó con peat moss y agrolita, basado en experiencias de propagación de otras especies de agave (Aguilar & Rodríguez, 2018) en una proporción de 2:1. Como fungicida preventivo se utilizó una solución de sulfato cuprocálcico de 1g en 1 litro de agua, con la que se roció el sustrato hasta dejarlo húmedo (ver Figura 10).



Figura 10. Sustrato de peat moss con agrolita y fungicida

10.3.2. Diseño del experimento

Para encontrar las condiciones de propagación por semilla más adecuadas para el *A. potatorum* y el *A. angustifolia*, se decidió comparar los efectos de germinar en charolas de cavidades y en charolas sin cavidades. Así mismo se decidió experimentar con variables de temperatura, humedad y luz, para analizar el efecto de estas en la germinación de las semillas y el desarrollo de los primeros 6 meses de la plántula. En las siguientes secciones se explica a detalle cada uno de los experimentos.

10.3.2.1. Charolas

Se utilizaron charolas de cavidades (ChC) con 50 espacios y charolas planas (ChP) sin cavidades, para la germinación de ambas especies de agave, con la intención de analizar los efectos de propagar de una u otra manera.

Para todos los experimentos se llenaron las charolas con sustrato, como primer paso. En seguida se colocaron las semillas en cada una de las cavidades, o bien, en filas y columnas para las charolas planas (ver Figura 11). Finalmente se cubrieron las semillas colocando otra capa de sustrato, de no más de 1 cm de espesor.

Para cada especie de agave se prepararon 6 charolas de cavidades, con 50 semillas cada una, y 3 charola planas, con 100 semillas cada una. Es decir, se colocaron para cada especie 300 semillas en cavidades (ver Figura 12) y 300 semillas en plano, distribuidas uniformemente en filas y columnas (ver Figura 13).



Figura 11. Adición de semillas en charolas planas



Figura 12. Charolas de 50 cavidades (ChC)



Figura 13. Charolas planas sin cavidades (ChP) con 100 semillas cada una.

10.3.2.2. Microclimas

Para analizar los efectos de la temperatura, la humedad y la cantidad de luz en la germinación y en el desarrollo de los primeros 6 meses de las plántulas, se distribuyeron las charolas en tres diferentes microclimas:

- Vivero de Malla Sombra:



Figura 14. Vivero de Malla Sombra en CIPNA

- Vivero de Policarbonato:



Figura 15. Vivero de Policarbonato en CIPNA

- Cielo Abierto:



Figura 16. Cielo Abierto en CIPNA

En cada uno de los sitios de experimento se colocaron 2 charolas de cavidades de 50 semillas cada una y 1 charola plana de 100 semillas, para cada especie de agave. La distribución final de las semillas se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Distribución de semillas en charolas y sitios, para cada especie de agave.

		Malla Sombra	Policarbonato	Cielo Abierto
<i>A. angustifolia</i>	Ch. Cavidades #1	50	50	50
	Ch. Cavidades #2	50	50	50
	Ch. Plana	100	100	100
<i>A. potatorum</i>	Ch. Cavidades #1	50	50	50
	Ch. Cavidades #2	50	50	50
	Ch. Plana	100	100	100

10.3.3. Manejo y Monitoreo.

Las charolas de germinación se mantuvieron en los mismos sitios durante todo el experimento, sin tratamientos de fertilización, y con riego diario.

Se utilizó una estación de temperatura y humedad ambiental con 2 sensores de interior y 1 sensor de exterior, de la marca ACU-RITE modelo 01094M (ver Figura 17), para el monitoreo de dichas variables en cada uno de los sitios de experimento. Los sensores de interiores se colocaron en los viveros de malla sombra y de policarbonato, mientras que el sensor de exteriores se instaló en el experimento a cielo abierto. Cada uno de los sensores funciona con señal inalámbrica, enviando la información a un monitor principal, del cual se recuperó toda la información recopilada.



Figura 17. Estación de temperatura y humedad ACU-RITE 01094M

Adicionalmente se utilizó un luxómetro Dr. Meter LX1330B con rango de 0-200,000 lux (ver Figura 18), para medir y calcular el porcentaje de luz solar que penetra en cada uno de los sitios del experimento.



Figura 18. Luxómetro Dr. Meter LX1330B

La germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas se monitoreó diariamente durante el primer mes y cada semana durante los siguientes 6 meses, registrando las fechas en que las plántulas emergieron, así como las fechas de aparición de cada hoja para cada experimento. De igual forma se registró el número de plántulas que emergieron, para calcular el porcentaje de germinación respecto a las semillas sembradas. Cada semana se volvieron a contabilizar las plántulas, para monitorear su porcentaje de supervivencia respecto a las semillas germinadas.

10.4. Metodología del Objetivo 4: Propuesta de estrategia integral para la elaboración sustentable de mezcal

De acuerdo con el (Consejo Regulador del Mezcal, 2020) la cadena productiva del mezcal se divide en 5 eslabones:

- Viverista: Persona física o moral dedicada a la propagación del maguey mezcalero en un vivero que será posteriormente cultivado para la producción de mezcal y además cuenta con los registros necesarios.
- Productor de maguey: Persona física o moral dedicada al cultivo de maguey utilizado para la producción de mezcal y que cuenta con los registros necesarios.
- Productor de mezcal: Persona física o moral que cuenta con la infraestructura, documentación y habilidades necesarias para la producción de mezcal y que se encuentra dentro del territorio protegido por la Denominación de Origen Mezcal.
- Envasador: Persona física o moral que cuenta con la infraestructura documentación y habilidades necesarias para el envasado de Mezcal elaborado por un productor certificado.
- Comercializador: Persona física o moral que es titular o licenciataria de una marca registrada en México ante el IMPI en la clase 33, tipo nominativa, mixta o tridimensional y demás documentación necesaria para la comercialización de Mezcal que haya sido

envasado y producido bajo certificación debe cumplir con los requisitos establecidos por el CRM.

El presente objetivo toma como base la clasificación anterior, para proponer las estrategias pertinentes a cada sección de la cadena productiva en San Diego La Mesa Tochimiltzingo. Debido a la situación particular del caso estudiado, se decide englobar “Viverista” y “productor de maguey”, así como “productor de mezcal” y “envasador” en una misma categoría (ver Figura 19).

Cada estrategia propuesta incluirá el eje económico, el eje social y el eje ambiental, para cubrir cada uno de los aspectos de la sustentabilidad (ver Figura 20).



Figura 19. Secciones de la cadena productiva del mezcal.



Figura 20. Ejes de la sustentabilidad a incluir en cada estrategia.

Para cada una de las secciones de la cadena productiva propuesta en la Figura 19, se realiza un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, comúnmente conocido como FODA, siguiendo el formato presentado en la . Dicho análisis incluirá las observaciones y hallazgos de los primeros tres objetivos de la presente tesis.



Figura 21. Formato a seguir para el análisis FODA

Capítulo XI. Resultados y Discusión

11.1. Resultados y Discusión del Objetivo 1

11.1.1. Etapa 1: Visitas prospectivas

Durante la primera etapa de diagnóstico se llevaron a cabo visitas prospectivas que permitieron el reconocimiento inicial de la zona de trabajo, encontrando que en el municipio de San Diego La Mesa Tochimiltzingo existen 10 fábricas de mezcal, distribuidas en las localidades de San Bartolomé Chimalhuacán (1), La Soledad Tepehuaxtitla (1), Guadalupe Amolocayan (4) y Tochimiltzingo (4), siendo esta última la localidad que mostró mayor apertura para colaborar en la presente investigación.

Las 4 fábricas de Tochimiltzingo llevan por nombre La Perla, Río Blanco, Huizache y Tepenahuazo, sumando un total de 88 productores de mezcal que utilizan las instalaciones en relevos. Conversando con los maestros mezcaleros, se descubre que todas las mezcaleras llevan a cabo procesos artesanales y que, en su mayoría, utilizan agave silvestre jimado del monte.

A partir de las visitas prospectivas y de las entrevistas informales llevadas a cabo con los productores de mezcal, se observa la necesidad de caracterizar la cadena productiva agave-mezcal, por lo que se decide utilizar las herramientas de diagnóstico participativo basadas en la metodología de Geilfus (2009) mostradas en la Tabla 9.

Tabla 9. Herramientas de diagnóstico participativo utilizadas

Herramienta	Objetivo
Diálogo semiestructurado con informantes clave y recorridos en campo	Caracterizar las prácticas involucradas en la producción de mezcal.
Caracterización de prácticas de manejo	Caracterizar las prácticas involucradas en la producción de agave.

Lluvia de ideas	Reconocer las problemáticas más frecuentes a lo largo de toda la cadena agave-mezcal y seleccionar la más apremiante.
Árbol de problemas	Hallar las principales áreas de oportunidad a partir de la problemática seleccionada durante la lluvia de ideas.

11.1.2. Etapa 2: Diálogo semiestructurado con informantes clave y recorridos en campo.

Se visitó la fábrica mezcalera Tepenahuazo, mostrada en la Figura 22, mezclando el recorrido en campo con el diálogo con informantes clave, como se observa en la Figura 23 y Figura 24.



Figura 22. Fábrica de mezcal Tepenahuazo



Figura 23. Diálogo con maestros mezcaleros



Figura 24. Diálogo con maestros mezcaleros en la fábrica

La forma de trabajo de los mezcaleros es en sociedad informal. Cada socio realizó una aportación monetaria en un inicio para construir y equipar la fábrica artesanal. En el caso de Tepenahuazo, son 14 socios que participan en la fábrica, con una producción promedio de 800 litros al año por socio. Cada socio tiene derecho a utilizar las instalaciones, organizado por turnos. El proceso de producción de mezcal se divide en seis partes: recolección del agave, horneado, triturado, fermentación, destilación y almacenamiento. De estas etapas, la única que se realiza en forma colectiva es el horneado. A continuación, se explica cada una de las etapas del proceso productivo, específicamente de la fábrica Tepenahuazo.

En la etapa de recolección de agave, los maestros mezcaleros acuden al medio silvestre para jimar los agaves necesarios para su producción. Las especies recolectadas son el maguey espadín (*Agave angustifolia*) y el maguey tobalá o papalómetl (*Agave potatorum*). Se buscan los magueyes maduros, seleccionándolos empíricamente. Con un machete se cortan las pencas del maguey elegido y posteriormente se utiliza una coa para obtener la piña del agave, única parte de interés para los mezcaleros. En caso de encontrar agaves en estado reproductivo, los jimadores cortan el escapo floral, lo cual alarga el ciclo de vida de la planta, permitiéndole crecer en tamaño y en concentración de azúcares, otorgando mayores rendimientos en la producción de mezcal. Los productores llaman a estos agaves “capón”, debido a que se les somete a un tipo de capado. Cada mezcalero es responsable de conseguir sus propias plantas para elaborar su propio producto. La recolección se realiza en los meses de diciembre a mayo, cuando los ecosistemas son más secos debido a la escasez de lluvias, lo cual permite que los agaves concentran mayor cantidad de azúcares útiles para el destilado.

Se utilizan mulas de carga o camionetas para bajar de la sierra las plantas jimadas. En la Figura 25 se muestran las piñas de agave apiladas en la fábrica, listas para ser horneadas.



Figura 25. Piñas de agave recolectado

Se procede a la etapa de horneado o cocción del agave, la cual se lleva a cabo en un horno de pozo con capacidad para 7 toneladas de maguey, con paredes de tabique y suelo de adoquín (ver Figura 26). Como se mencionó anteriormente, esta etapa se realiza en equipo, por lo que todos los productores juntan sus piñas de agave y se hornean al mismo tiempo. Para poder identificar sus plantas, cada productor realiza una marca en sus agaves, generalmente trazando sus iniciales con un machete, o formando líneas o figuras que permitan distinguirlos más tarde.

Para llevar a cabo el horneado del agave, los productores recolectan leña verde de huizache (*Acacia farnesiana*), mezquite (*Prosopis sp.*), huaje (*Leucaena leucocephala*) y espino. Para cocer 7 toneladas de maguey, son necesarias 1.3 toneladas de leña verde y 2 toneladas de roca (ver Figura 27), aunque esta última tiene vida útil de una temporada entera, es decir, de diciembre a mayo.



Figura 26. Horno de pozo



Figura 27. Rocas y leña recolectada para horno

El horno es llenado en capas. En primer lugar, se coloca una capa de leña verde que cubre todo el fondo del horno, acomodando los troncos verticalmente, de manera similar a una fogata (ver Figura 28). Posteriormente se colocan los troncos de mayor volumen (ver Figura 29) y se enciende la leña utilizando palma seca (*Brehea dulcis*) (ver Figura 30 y Figura 31).



Figura 28. Armado de la base del horno con leña



Figura 29. Acomodo de troncos más grandes y pesados



Figura 30. Encendido del horno con palma seca



Figura 31. Horno encendido



Figura 32. Adición de roca volcánica y humeado del horno

Una vez que toda la leña está encendida, se coloca encima de ella roca volcánica (ver Figura 32). El horno se deja humear aproximadamente durante 6 horas, hasta que la roca se enciende y

leña se consume, permitiendo que la roca se asiente y dejando espacio suficiente para colocar el agave.

Las 7 toneladas de agave se colocan encima de la roca volcánica al rojo vivo, y se cubren con un petate mojado como el que se muestra en la Figura 33. Posteriormente, se cubre el horno en su totalidad con tierra, a manera de que quede sellado. Como último paso se carba un orificio en el centro del horno, se agregan 40 litros de agua y se vuelve a sellar con tierra, dejando cocer el agave durante 4 días.



Figura 33. Petate para cubrir agave en el horno

Una vez terminado el horneado, se extrae el agave cocido. Cada mezcalero reconoce su materia prima por medio de las marcas que realizó en ella en un principio. Se limpia el horno y las cenizas son recolectadas y esparcidas en los campos de cultivo. Concluye el trabajo en equipo y, a partir de este punto, continúa el proceso de manera individual.

Cada productor se encarga de triturar su propio agave; algunos de ellos involucran a sus esposas en esta etapa. Utilizando una trituradora de gasolina con motor de 25 caballos de fuerza (ver Figura 34 y Figura 35), se procesa el agave cocido, obteniendo un producto desmenuzado, el

cual se coloca en tinas donde posteriormente se llevará a cabo la etapa de fermentación (ver Figura 36 y Figura 37).



Figura 34. Trituradora



Figura 35. Cuchillas de la trituradora



Figura 36. Agave triturado



Figura 37. Agave triturado reposando en tinajas de fermentación

El agave triturado pasa a la etapa de fermentación, en donde se coloca en tinas con capacidad de 1 tonelada y se deja reposar durante 7 días. Se coloca la fecha de inicio en cada tina para



llevar un control (ver

Figura 38) y se añaden rocas para contrarrestar la elevación del mosto y evitar desbordamientos (ver Figura 39) . Al concluir el tiempo de reposo, se añaden 300 litros de agua de pozo a cada tina y se dejan fermentar durante 8 días aproximadamente, aunque puede variar de acuerdo con las condiciones ambientales. Cada productor se encarga de monitorear sus tinas utilizando un densímetro de cocina o pesajarabes en grados Brix. Cuando el instrumento marca de 1 a 2 °Brix, el mosto se encuentra listo para ser destilado.

El proceso de destilación se lleva a cabo en un alambique de cobre (ver Figura 40) con capacidad para 1/3 de tonelada de agave. Esta cantidad es colocada en la olla de cobre, la cual es calentada con fuego directo (ver Figura 41) usando 28 kg de leña seca de copalillo o palo blanco, como combustible para 6 hora de destilación. En la caldera se evapora el alcohol del mosto y se conduce a través de la tubería de cobre hasta llegar a un intercambiador de calor de serpentín sumergido en una tina de agua a temperatura ambiental (ver Figura 42), donde el mezcal condensa y se recupera en garrafas de plástico (ver Figura 43).



Figura 38. Tinas de fermentación fechadas



Figura 39. Rocas para contrarrestar elevación



Figura 40. Alambique para destilación artesanal



Figura 41. Alambique- caldera de cobre con fuego directo



Figura 42. Alambique - Serpentín de enfriamiento para condensación



Figura 43. Recolección de mezcal en garrafas

De la destilación se obtienen “puntas” y “colas”. Las puntas son el producto obtenido en la primera hora de destilación, por lo que su grado de alcohol es mucho mayor que el de las colas, las cuales son obtenidas en los últimos minutos del proceso. Es por esto que, al concluir la destilación, el maestro mezcalero realiza mezclas de puntas y colas hasta obtener el grado de alcohol deseado para el producto, el cual puede variar de 35 a 55% alcohol volumen a 20°C. Para determinar el grado de alcohol del mezcal, el productor realiza una medición empírica con una jícara de guaje y una caña seca que hace la función de popote (ver Figura 44). Se deja caer el mezcal en la jícara y se observa la formación de perlas en la superficie, las cuales, según su tamaño y cantidad, indican al maestro mezcalero el porcentaje de alcohol (ver Figura 45). En algunas ocasiones se comprueba esta medición con un alcoholímetro. El mezcal es almacenado en garrafones de vidrio de 20 litros.



Figura 44. Maestro mezcalero revisando graduación alcohólica



Figura 45. Perlado del mezcal indica el grado de alcohol

El proceso de destilación continúa hasta que se consumen las 7 toneladas iniciales de agave. Cada maestro mezcalero obtiene su propio mezcal, de acuerdo con la cantidad de agave que aportó inicialmente. El rendimiento se calcula como 11.11 kilogramos de agave necesarios para obtener 1 litro de mezcal. El peso promedio de una piña de agave se estima en 30 kilogramos.

Una vez terminado el proceso, el alambique se deja enfriar y se abre para limpiarse (ver Figura 46). Los residuos del agave, es decir el bagazo, se recolectan y se disponen para composta al aire libre (ver Figura 47), la cual se estima tarda 2 años en poder ser utilizada.



Figura 46. Limpieza de alambique y recolección de bagazo



Figura 47. Bagazo en descomposición para composta

El resumen del proceso completo de producción artesanal de mezcal de la fábrica Tepenahuazo se presenta en forma de diagrama de flujo en la Figura 48.

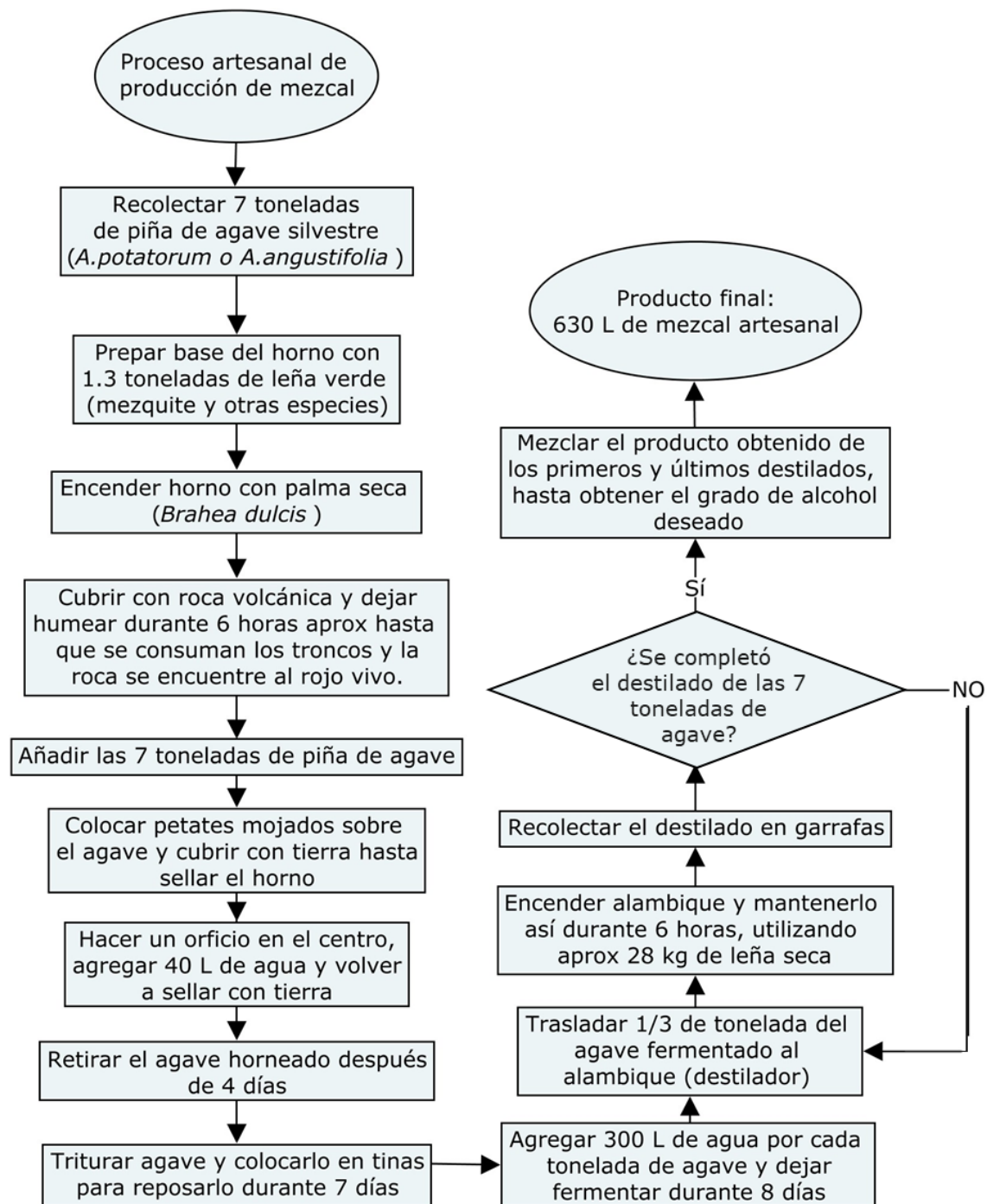


Figura 48. Diagrama de flujo del proceso productivo de mezcal artesanal

11.1.3. Etapa 3: Talleres participativos.

A continuación, se muestran los productos resultantes de las distintas herramientas utilizadas durante los talleres participativos.



Figura 49. Introducción al taller.

11.1.3.1. Lluvia de ideas

Tomando como tema central las principales problemáticas en torno a la cadena productiva agave-mezcal, los participantes trabajaron en conjunto para generar una lista de las áreas de oportunidad principales. El producto original se muestra en la Figura 50, de donde se extrae que:

- No hay materia prima: al agave, tanto silvestre como cultivado, es escaso para la producción de mezcal.
- Precio no homogéneo: hace referencia al precio de venta del mezcal, el cual varía de acuerdo al productor, donde algunos tienen un precio muy bajo y otros más alto, quedando en desventaja a pesar de ser el mismo producto.
- Falta de agua para plantaciones.
- Falta de organización entre los mezcaleros: ha sido difícil trabajar en conjunto para obtener las certificaciones necesarias, así como para acordar precios homogéneos.
- No hay financiamiento ni asesoría: han recibido poco apoyo externo y consideran que es necesario para continuar creciendo.

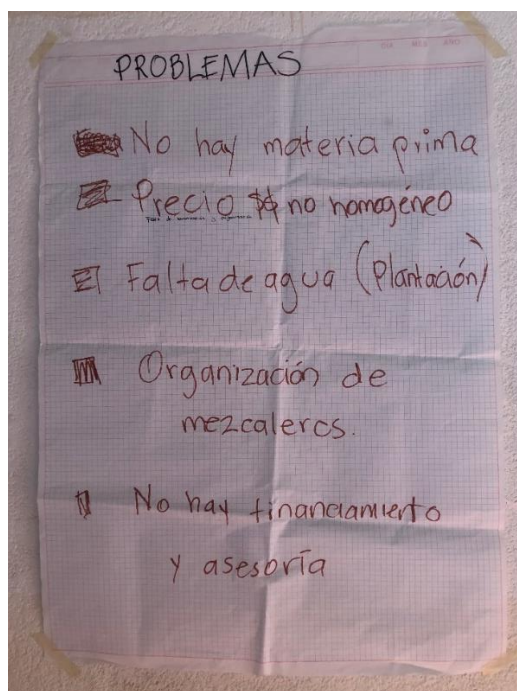


Figura 50. Lluvia de ideas sobre principales problemas en producción agave-mezcal

Posterior a la generación de la lista, los participantes discutieron cuál de estas situaciones es la más apremiante. Se llegó a un consenso eligiendo la escasez de materia prima como el problema más importante, debido a que sin agave no puede existir producción de mezcal en absoluto.

11.1.3.2. Árbol de problemas: diagrama de causas y efectos

Partiendo de los resultados de la lluvia de ideas, para el árbol de problemas se tomó como idea central la escasez de materia prima, es decir agave, para la producción de mezcal. El producto original se muestra en la Figura 52, mientras que el producto trabajado se muestra en la Figura 53.



Figura 51. Lluvia de ideas como base para árbol de problemas

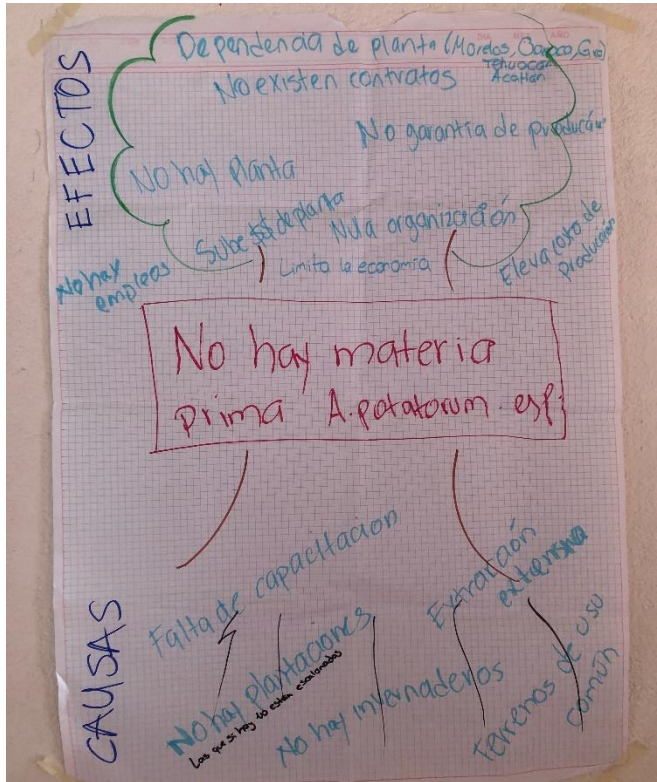


Figura 52. Árbol de problemas generado por participantes

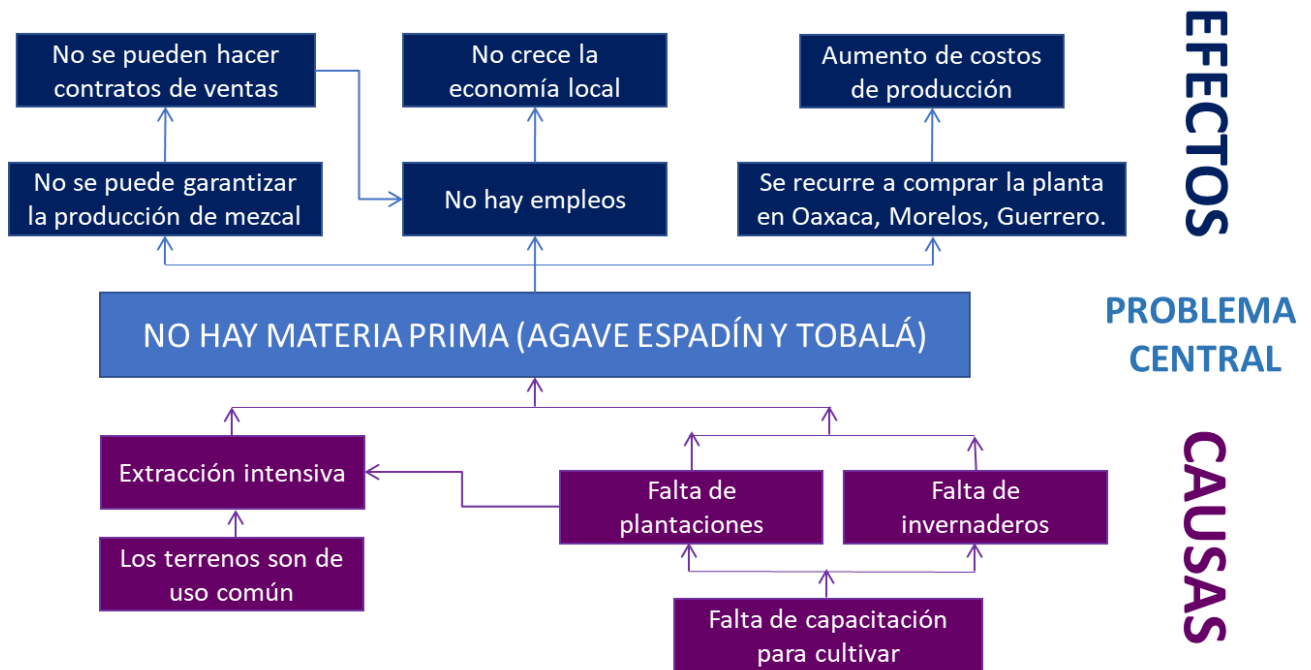


Figura 53. Árbol de problemas trabajado

Se observa en el árbol de problemas (Figura 53) que el área de oportunidad central es la escasez de materia prima, es decir, agave espadín (*Agave angustifolia*) y agave tobalá (*Agave potatorum*) para la fabricación de mezcal. En la parte inferior se muestra que las causas que generan este problema son, por una parte, la propiedad común de los terrenos donde se encuentran las plantas, lo cual se traduce en una extracción intensiva de maguey, ya que al ser un espacio de uso común los jimadores no reforestan, pues otra persona podría llevarse las plantas que cultiven; y, por otra parte, la falta de capacitación para cultivar, la cual resulta en falta de plantaciones, viveros e invernaderos para propagar los agaves, lo cual, nuevamente, lleva a una extracción intensiva de los especímenes silvestres.

11.1.3.3. Caracterización de prácticas de manejo

Como producto del ejercicio de caracterización de prácticas de manejo se obtuvieron tres tipos de información: las prácticas actuales de manejo del agave silvestre (Figura 56), las prácticas actuales de manejo del agave cultivado (Figura 56) y el escenario ideal del sistema de producción agave-mezcal (Figura 57).

Sobre las prácticas actuales de manejo del agave silvestre, los participantes calcularon que entre el 90-97% de los mezcaleros extrae agave del monte, mientras que el resto ha comenzado a cultivar en los últimos años. La extracción de los especímenes silvestres, tanto del maguey espadín (*Agave angustifolia*) como del tobalá (*Agave potatorum*), se realiza desde el mes de diciembre hasta el mes de mayo, esto debido a que son los meses más secos del año, lo cual permite que los agaves concentren sus azúcares y aumenten el rendimiento en la obtención de mezcal. La única parte que se aprovecha del maguey es la piña, el resto de la planta no es utilizado, sino que es dejado en el monte. Si los jimadores encuentran agaves en estado reproductivo, cortan el escapo floral, deteniendo su propagación y alargando su ciclo de vida, lo cual les permite obtener agaves de mayor tamaño y con mejores rendimientos. Se estableció que tanto el deshierbe como el jimado se realizan de manera manual. Adicionalmente, se menciona que se extrae leña de árboles silvestres como el cazahuate, el shuzmitle, la cubata, el espino y el huizache, para el horneado y destilado del maguey.

En cuanto a las prácticas de manejo actuales del agave cultivado, se estableció que entre el 3-10% de los mezcaleros ha comenzado sus propios cultivos, donde los más experimentados cuentan con experiencia de 5 años. Los productores de agave consiguieron inicialmente la semilla del medio silvestre, tanto del maguey espadín (*Agave angustifolia*) como del tobalá (*Agave potatorum*), sin embargo, planean permitir que algunos especímenes cultivados completen su ciclo reproductivo, para obtener su propia semilla. La germinación se lleva a cabo en almácigo, donde las plántulas permanecen de 5 a 6 meses y posteriormente son trasplantadas a bolsas de vivero. Las plántulas son mudadas al campo a los 2 años con una separación de 1.30 metros entre cada agave espadín y 1 metro entre cada agave tobalá. Las plantaciones se realizan en línea recta, sin curvas de nivel, ni escalonando el cultivo. Como fertilizante utilizan abono orgánico como estiércol y hojas secas. De igual forma hacen uso de herbicidas, al mismo tiempo que realizan un control manual de maleza. Se enfrentan a plagas como la gallina ciega, el picudo y el sarpullido, las cuales no han podido controlar aún. Han observado que el pastoreo es un problema para la supervivencia de las plántulas, pues llegan a ser pisadas o comidas por los animales. Los participantes estiman tener que esperar entre 8 y 12 años para poder cosechar los magueyes.



Figura 54. Participantes realizando la caracterización de prácticas de manejo



Figura 55. Participantes revisando la caracterización de prácticas de manejo

Durante la misma actividad, los participantes del taller realizaron un diagrama del escenario ideal para el sistema de producción agave-mezcal (ver Figura 57), donde se muestra que la cadena productiva inicia con un invernadero o área de germinación para las semillas de agave, obteniendo como producto las plántulas que posteriormente se sembrarán en los terrenos de los agricultores, verificando que “las variedades de agave puedan plantarse juntos o por especie”, y monitoreando la edad de los magueyes para su jimado. Se enfatiza la necesidad de capacitación continua en las etapas de producción de agave, para “controlar todos los factores y asegurar la materia prima y producto”. Una vez que el agave está listo para ser utilizado se proponen dos opciones, comercializar la planta, o bien jimarla y trasladarla a la fábrica de procesamiento para la obtención de mezcal. Al optar por la segunda opción, se propone contar con un área de producción, seguida por una de envasado y finalmente un almacén de producto terminado, es decir, mezcal. Se destaca la necesidad de “establecer un comité” que permita organizar a los mezcaleros, principalmente para lograr “precios homogéneos” y “estandarizar el producto”. Los participantes explican que por estandarización se refieren a cumplir con los requisitos necesarios para obtener la certificación del mezcal y registrar su propia marca. El diagrama finaliza con la comercialización del destilado.

11.2. Resultados y Discusión del Objetivo 2

11.2.1. Sitio de muestreo

Se tomaron las coordenadas del sitio de muestreo para posteriormente realizar su mapeo en ARCGIS. La Figura 58 muestra el polígono y la zonificación del ANP Reserva Estatal Sierra del Tentzo, y señala la ubicación del sitio de muestreo.

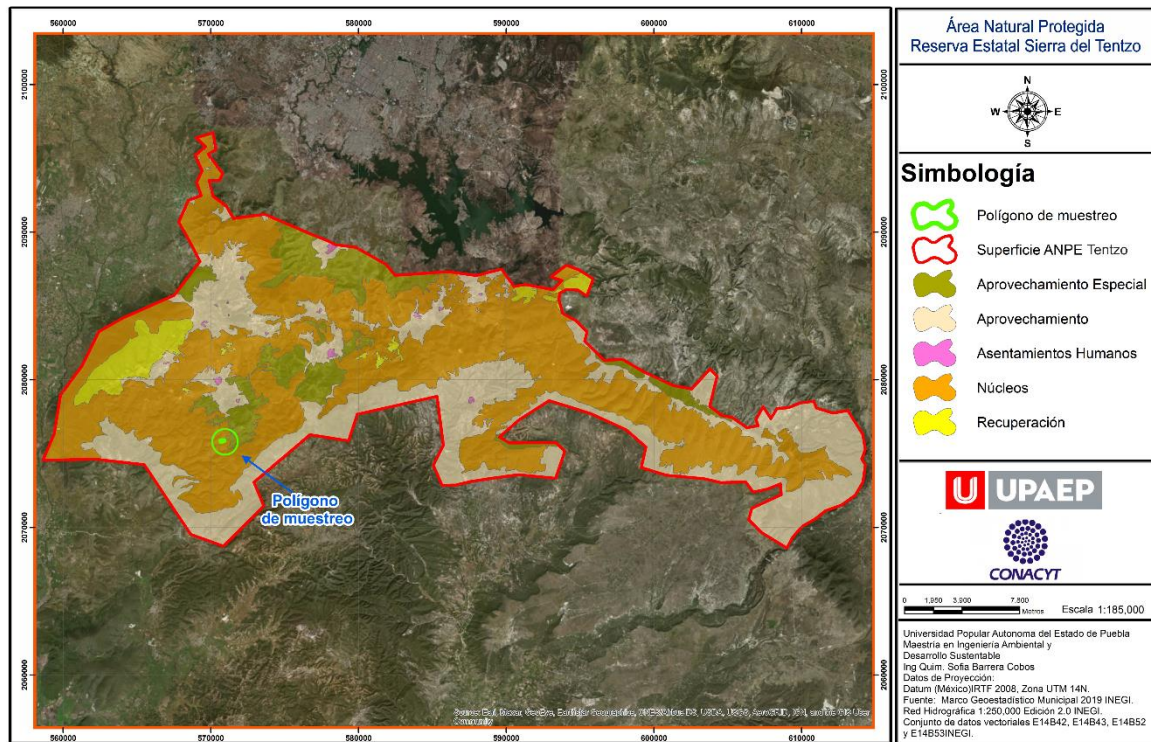


Figura 58. Polígono y zonificación del ANP Reserva Estatal Sierra del Tentzo

Ampliando la escala del mapa a 1:10,000 se observa con claridad que el sitio seleccionado para el muestreo se ubica dentro de la zona núcleo de la Reserva Estatal (ver Figura 59). En una escala de 1:4,000 se observa que el sitio de muestreo se ubica en una pendiente cerca de una cañada, en un área con lejos de asentamientos humanos y zonas de aprovechamiento (ver Figura 60)

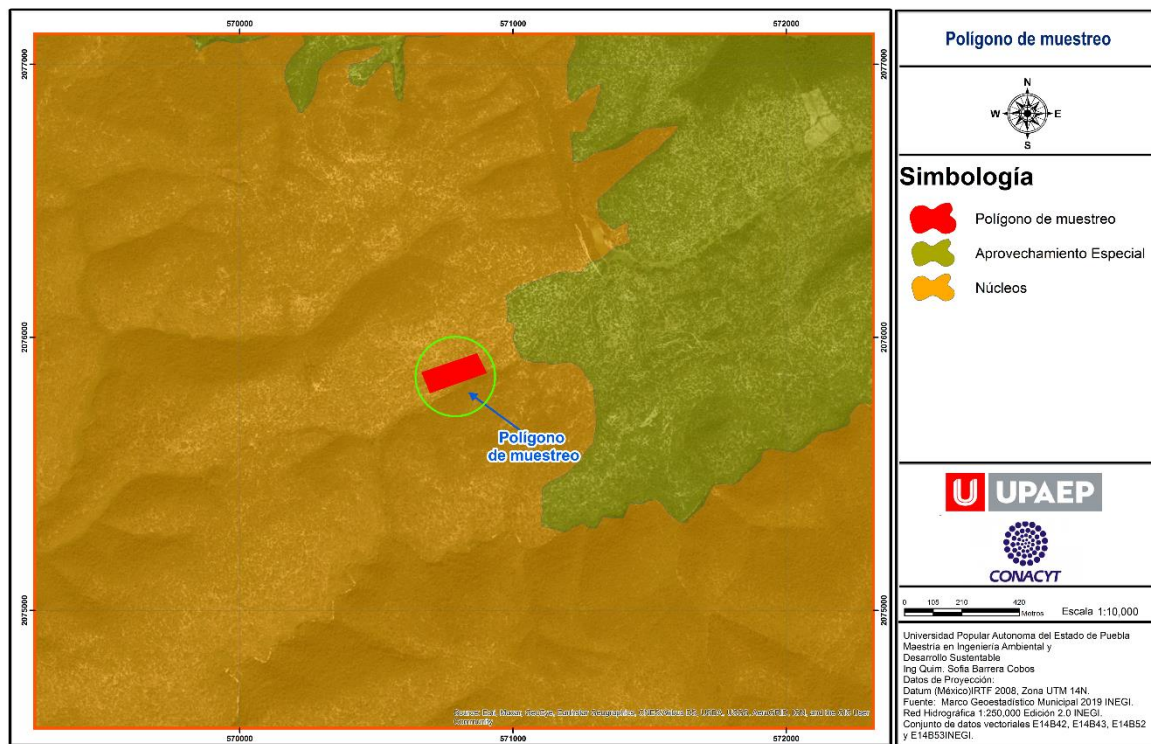


Figura 59. Polígono de muestreo escala 1:10,000

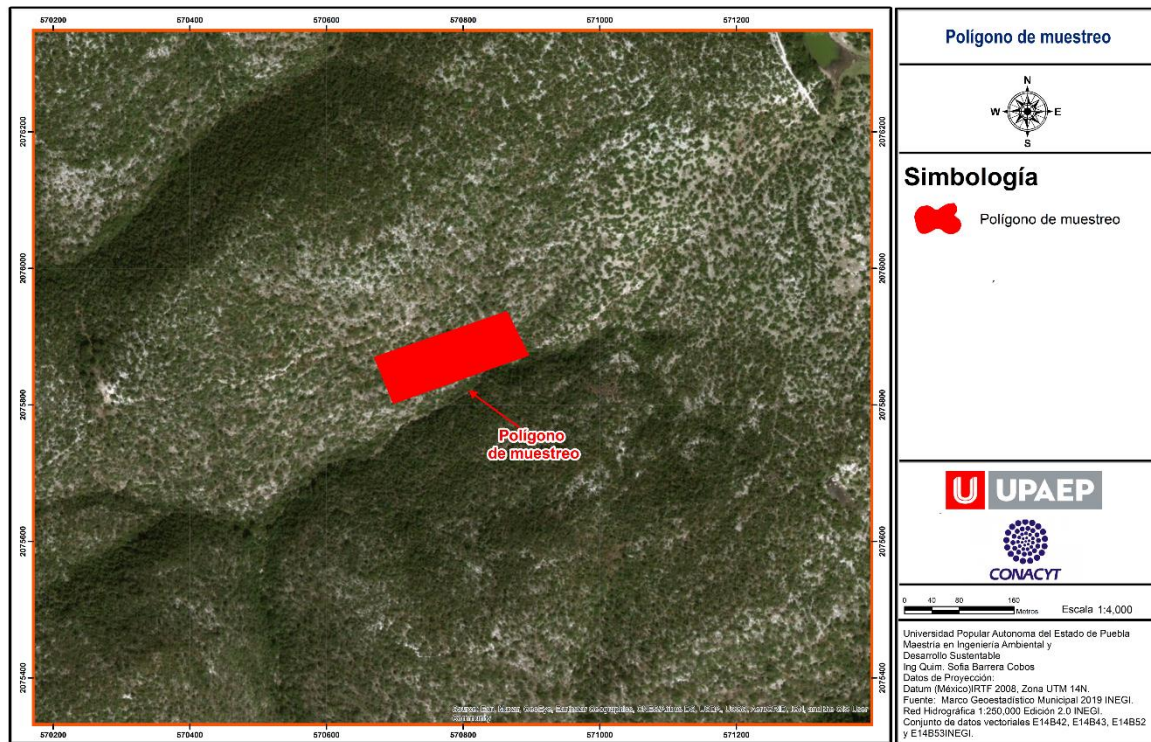


Figura 60. Polígono de muestreo escala 1:4,000



Figura 61. Vegetación y pendiente en zona de muestreo

11.2.2. Suelo

Se observaron suelos negros, francos, ligeramente limosos. La pendiente del cuadrante estudiado fue de 15° , con una altitud mínima de 1835 msnm y máxima de 1852 msnm, resultando un desnivel de 17 metros.



Figura 62. Suelos negros, francos, ligeramente limosos del sitio de muestreo

11.2.3. Especies halladas

A continuación se muestran las especies vegetales halladas durante el muestreo.



Figura 63. Cuajote Rojo (*Bursera* sp.)



Figura 64. Cuajote Rojo (*Bursera* sp.)



Figura 65. Cubata (*Acacia* sp.)



Figura 66. Mala mujer (*Cnidoscolus multilobus*)



Figura 67. Cacalosuchil (*Plumeria rubra*)



Figura 68. Cacalosuchil (*Plumeria rubra*)



Figura 69. Gallinita (*Tillandsia recurvata*)



Figura 70. Maguey tobalá (*Agave potatorum*)



Figura 71. Nopal (*Opuntia* sp.)



Figura 72. Palma (*Brahea dulcis*)



Figura 73. Sábila (*Aloe* sp.)



Figura 74. Cinco negritos (*Lantana achyranthifolia*)



Figura 75. Flor de duende (*Lantana camara*)

11.2.4. Estructura poblacional de *Agave angustifolia*

En la Figura 76 se muestra la distribución agregada de los especímenes hallados. Adicionalmente, las Figura 77, Figura 79 y Figura 81 incluyen la clasificación por grupos realizada de manera estadística, según su altura, diámetro y número de hojas, respectivamente. Se observa que las agrupaciones de plantas se conforman por diversas edades, signo de un ecosistema saludable. Por otra parte, se halló evidencia de extracción de 9 plantas en todo el cuadrante, lo cual representa una pérdida de al menos 18,000 semillas (Torres et al., 2013). La densidad poblacional calculada es de 460 ind/ha, la cual es baja al compararse con la literatura en la cual se registran densidades de 1080 a 1340 ind/ha (Cervera Herrera, Leirana-Alcocer, & Alberto, 2018; Delgado-Lemus, 2008; Torres, 2009). Esto podría indicar una sobreexplotación aún en las zonas de conservación.

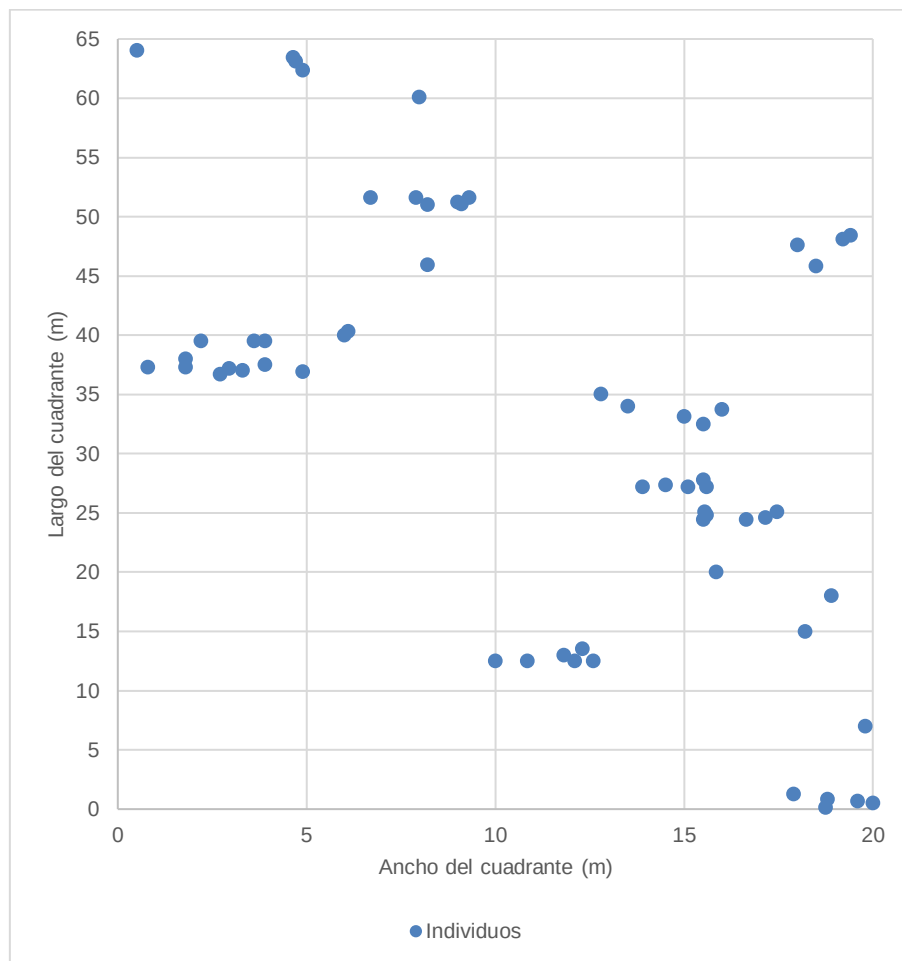


Figura 76. Distribución de *A. angustifolia silvestre* (1300m²)

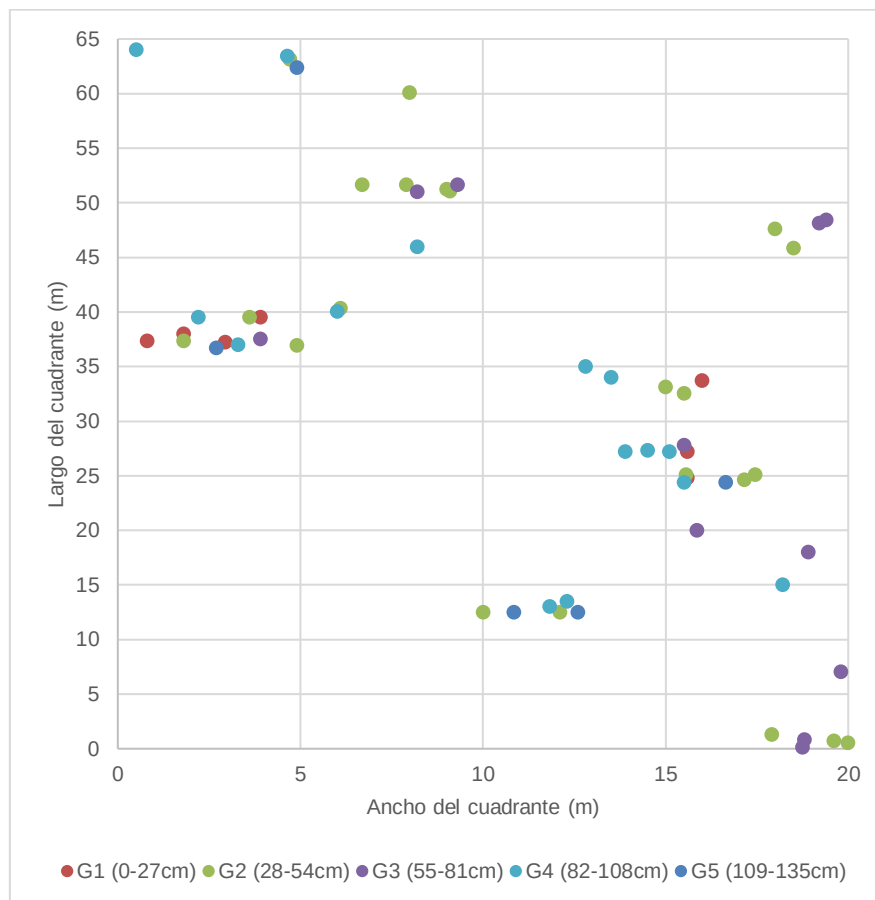


Figura 77. Distribución de *A. angustifolia silvestre* (1300m2), clasificación por grupos de altura (Gn)

Tabla 10. Intervalos de altura y frecuencia de agaves

Intervalo (cm)	Frecuencia (# agaves)
0-27	7
28-54	22
55-81	11
82-108	15
109-135	5

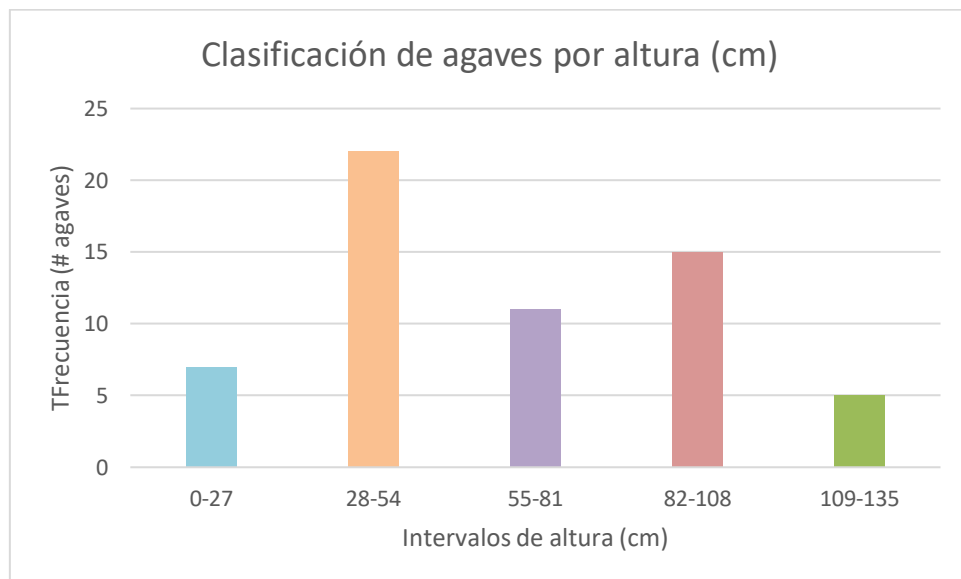


Figura 78. Histograma de clasificación de agaves por grupos de altura

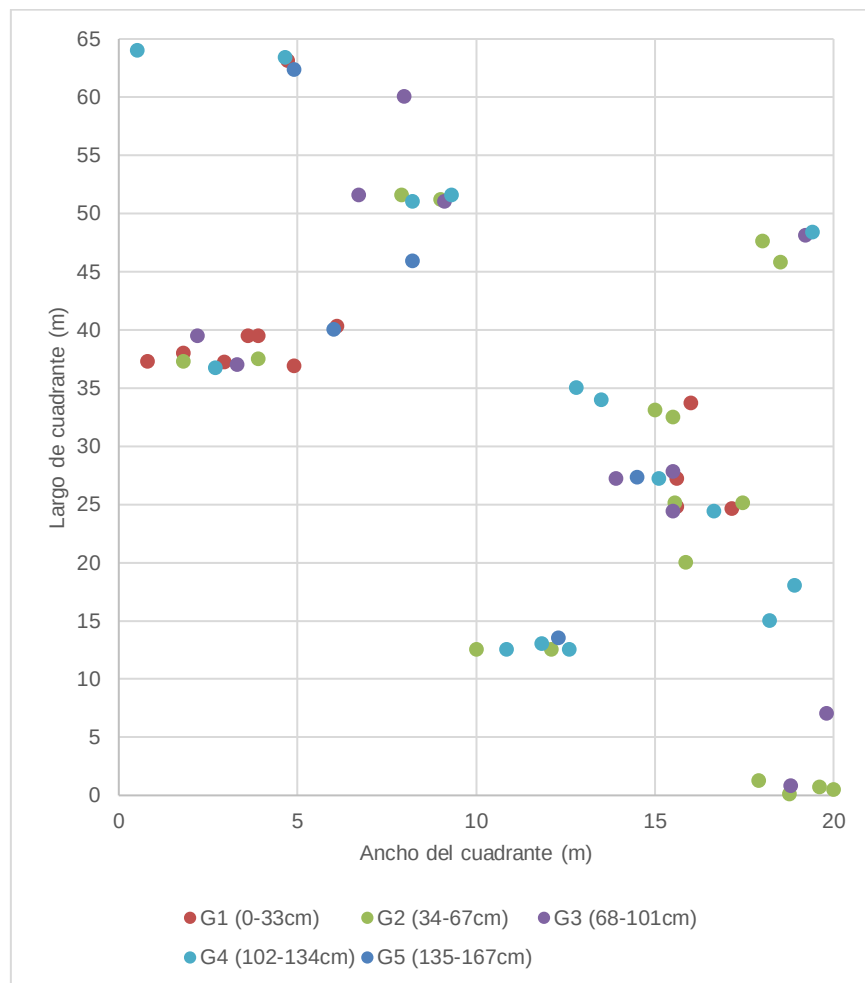


Figura 79. Distribución de *A. angustifolia silvestre* (1300m2), clasificación por grupos de diámetro (Gn)

Tabla 11. Intervalos de diámetro y frecuencia de agaves

Intervalo (cm)	Frecuencia (# agaves)
0-33	12
34-67	17
68-101	11
102-134	15
135-167	5

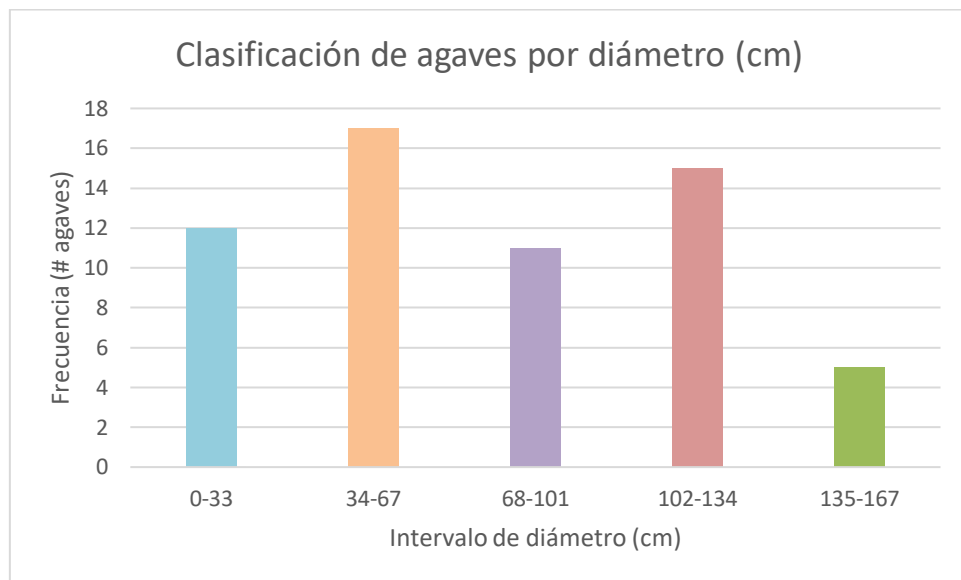


Figura 80. Histograma de clasificación de agaves por grupos de diámetro

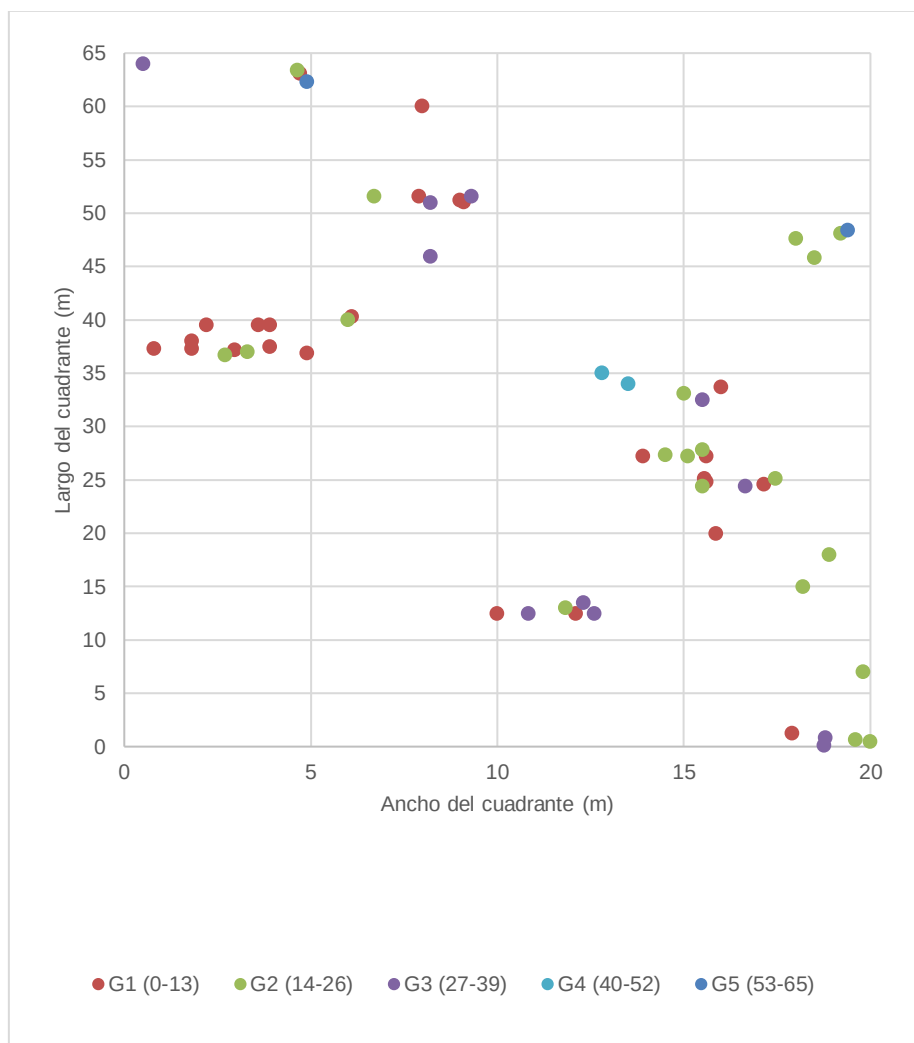


Figura 81. Distribución de *A. angustifolia silvestre* (1300m²), clasificación por grupos de número de hojas (Gn)

Tabla 12. Intervalos de número de hojas y frecuencia de agaves

Intervalo (# hojas)	Frecuencia (# agaves)
0-13	25
14-26	20
27-39	11

40-52	2
53-65	2

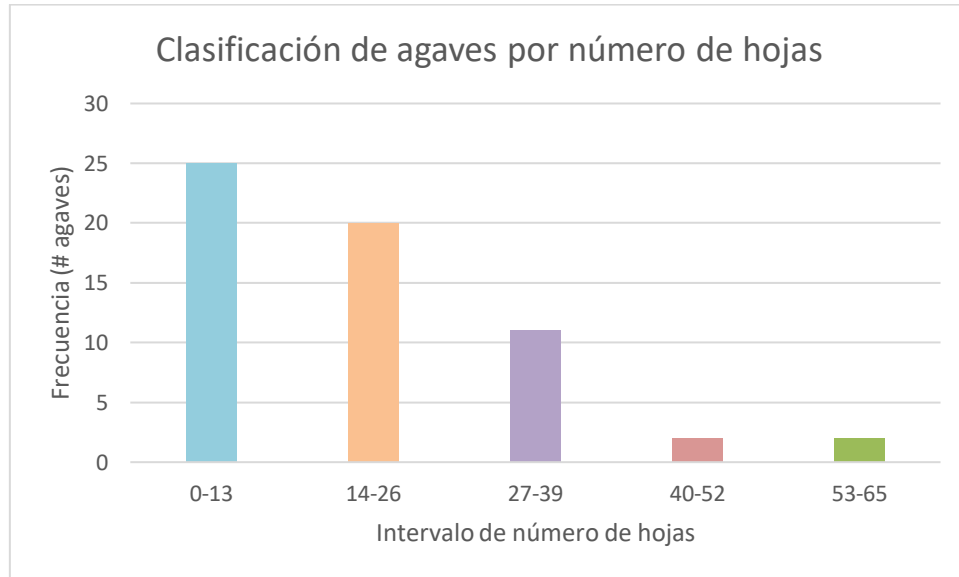


Figura 82. Histograma de clasificación de agaves por grupos de número de hojas

El análisis de *A. angustifolia* silvestre revela una distribución agregada con densidad poblacional de 460 ind/ha, en promedio 60% por debajo de la reportada en la literatura. El mapeo por diferenciación en altura, diámetro y número de hojas muestra diversidad de edades en las distintas agregaciones de agaves, signo de un ecosistema saludable. Se encuentran evidencias de extracción aún en zonas protegidas. No se hallan individuos de *A. potatorum*. Esto indica una posible sobreexplotación del recurso y refuerza la necesidad de una estrategia para la conservación del agave en la región.

11.3. Resultados y Discusión del Objetivo 3

Todas las semillas fueron sembradas el 20 de febrero del 2019, tomando esta fecha como el día cero del experimento.

Para el *Agave angustifolia*, las primeras plántulas en emerger fueron las ubicadas en el vivero de policarbonato, a los 12 días. Posteriormente emergieron las del vivero de malla sombra, a los 14 días. Finalmente, en el experimento a cielo abierto emergieron a los 19 días. Todo esto para ambos tipos de charola, con y sin cavidades. El desarrollo de la primera hoja de la plántula se observó a los 30 días en el vivero de policarbonato, a los 41 días en el vivero de malla sombra, y a los 51 días a cielo abierto, para ambos tipos de charola. La segunda hoja surgió a los 135 días en el vivero de policarbonato, a los 152 días en el vivero de malla sombra y a los 145 días a cielo abierto, para ambos tipos de charola. La tercera hoja se registró solamente para los agaves en malla sombra, a los 211 días, solo para la charola plana sin cavidades, el día 19 de septiembre del 2019, fecha en que finalizó el experimento. Lo anteriormente descrito se resume en la Tabla 13.

Tabla 13. Registro de fechas de desarrollo de *Agave angustifolia*.

	<i>A. angustifolia</i>		
	Malla Sombra	Policarbonato	Cielo Abierto
Siembra	20-feb-19 (Día 0)	20-feb-19 (Día 0)	20-feb-19 (Día 0)
Emergencia	06-mar-19 (Día 14)	04-mar-19 (Día 12)	11-mar-19 (Día 19)
1era hoja	02-abr-19 (Día 41)	22-mar-19 (Día 30)	12-abr-19 (Día 51)
2da hoja	22-jul-19 (Día 152)	05-jul-19 (Día 135)	15-jul-19 (Día 145)
3ra hoja (Solo charolas planas)	19-sep-19 (Día 211)	-	-

Para el *Agave potatorum*, las primeras plántulas en emerger fueron las ubicadas en el vivero de policarbonato, a los 12 días. Posteriormente emergieron las del vivero de malla sombra, a los 14 días. Finalmente, en el experimento a cielo abierto emergieron a los 19 días. Todo esto para ambos tipos de charola, con y sin cavidades. El desarrollo de la primera hoja de la plántula se

observó a los 30 días en el vivero de policarbonato, a los 41 días en el vivero de malla sombra, y a los 51 días a cielo abierto, para ambos tipos de charola. La segunda hoja surgió a los 51 días en el vivero de policarbonato, a los 72 días en el vivero de malla sombra y a los 86 días a cielo abierto, para ambos tipos de charola. La tercera hoja se registró a los 93 días en el vivero de policarbonato, a los 120 días en el vivero de malla sombra, y a los 128 días a cielo abierto, para ambos tipos de charola. La cuarta hoja se presentó a los 128 días en el vivero de policarbonato y a los 152 días en el de malla sombra, para ambas charolas, mientras que los experimentos a cielo abierto no presentaron desarrollo de nuevas hojas. La quinta hoja se presentó solamente en las charolas planas, a los 189 días en las plántulas en malla sombra, y a los 211 días en las plántulas en policarbonato. Estos fueron los últimos avances al día 19 de septiembre del 2019, fecha en que finalizó el experimento. Lo anteriormente descrito se resume en la Tabla 14.

Tabla 14.Registro de fechas de desarrollo de *Agave potatorum*.

	<i>A. potatorum</i>		
	Malla Sombra	Policarbonato	Cielo Abierto
Siembra	20-feb-19 (Día 0)	20-feb-19 (Día 0)	20-feb-19 (Día 0)
Emergencia	06-mar-19 (Día 14)	04-mar-19 (Día 12)	11-mar-19 (Día 19)
1era hoja	02-abr-19 (Día 41)	22-mar-19 (Día 30)	12-abr-19 (Día 51)
2da hoja	03-may-19 (Día 72)	12-abr-19 (Día 51)	17-may-19 (Día 86)
3ra hoja	20-jun-19 (Día 120)	24-may-19 (Día 93)	28-jun-19 (Día 128)
4ta hoja	22-jul-19 (Día 152)	28-jun-19 (Día 128)	-
5ta hoja (Solo charolas planas)	28-ago-19 (Día 189)	19-sep-19 (Día 211)	-

Para ambas especies de agave, se observa que el desarrollo de la plántula en el vivero de policarbonato resulta más rápido durante los primeros meses, para ambos tipos de charola. Sin embargo, a partir del mes 5 para el *A. angustifolia* y el mes 6 para el *A. potatorum*, se observa que las plántulas continúan desarrollando hojas nuevas solamente en los experimentos sembrados en charola plana, en el vivero de Malla Sombra. Esto podría deberse a que las charolas de cavidades restringieron el espacio disponible para el crecimiento de los agaves, limitando su desarrollo, mientras que en las charolas planas las raíces de la plántula pudieron continuar su expansión. Sin embargo, lo anterior no explica por qué solo continuaron su crecimiento en el experimento de Malla Sombra; para resolver esta pregunta es necesario analizar los datos de temperatura, humedad y porcentaje de luz. Esta discusión se lleva a cabo más adelante.

El total de semillas germinadas en cada uno de los experimentos se muestra en la Tabla 15. La misma información se presenta en forma de porcentajes de germinación en la Tabla 16. Para el *A. angustifolia* se observa que el mayor porcentaje promedio de germinación corresponde al vivero de policarbonato (60%), seguido del vivero de malla sombra (22%) y a cielo abierto (13%); mientras que para el *A. potatorum* se muestra un mayor porcentaje promedio de germinación para el vivero de malla sombra (41%), seguido del vivero de policarbonato (35%) y en último lugar a cielo abierto (12%). En cuanto a los porcentajes de germinación analizados por tipo de charola, no se observa un patrón o tendencia, por lo que pareciera no ser un factor relevante en el número de germinaciones.

Tabla 15. Cantidad de semillas germinadas en cada experimento.

		Semillas Germinadas		
		Malla Sombra	Policarbonato	Cielo Abierto
<i>A. Angustifolia</i>	Ch. Cavidades #1	5/50	26/50	12/50
	Ch. Cavidades #2	9/50	30/50	5/50
	Ch. Plana	39/100	68/100	4/100
<i>A. Potatorum</i>	Ch. Cavidades #1	22/50	16/50	9/50
	Ch. Cavidades #2	24/50	21/50	6/50
	Ch. Plana	30/100	31/100	5/100

Tabla 16. Porcentaje de germinación en cada experimento.

		Porcentaje de Germinación		
		Malla Sombra	Policarbonato	Cielo Abierto
<i>A. Angustifolia</i>	Ch. Cavidades #1	10%	52%	24%
	Ch. Cavidades #2	18%	60%	10%
	Ch. Plana	39%	68%	4%
<i>A. Potatorum</i>	Ch. Cavidades #1	44%	32%	18%
	Ch. Cavidades #2	48%	42%	12%
	Ch. Plana	30%	31%	5%

A los 7 meses se volvieron a contabilizar las plantas de cada experimento, calculando el porcentaje de supervivencia respecto a las semillas germinadas exitosamente. Los resultados se pueden observar en la Tabla 17. Para el *A. angustifolia* se obtuvieron porcentajes de supervivencia del 100% en todos los experimentos en los viveros de malla sombra y policarbonato, mientras que en los experimentos a cielo abierto se redujeron a un promedio de 58%. En cuanto al *A. potatorum*, se presentó un porcentaje promedio de supervivencia del 100% para el vivero de policarbonato, del 89% para el vivero de malla sombra y del 70% a cielo abierto.

Se observó que las plántulas no sobrevivieron por diversas razones; se halló evidencia de plántulas mordidas por algún animal tanto en el vivero de malla sombra como a cielo abierto; por otra parte, en los experimentos a cielo abierto se hallaron semillas en la superficie del sustrato, desenterradas por el aire o la lluvia, o algún ave; así mismo a cielo abierto, los agaves manifestaron sobreexposición al sol, mostrando un aspecto quemado y deshidratado, llegando a morir en algunos casos.

Tabla 17. Porcentaje de supervivencia respecto a semillas germinadas

		Porcentaje de Supervivencia		
		Malla Sombra	Policarbonato	Cielo Abierto
<i>A. Angustifolia</i>	Ch. Cavidades #1	100%	100%	58%
	Ch. Cavidades #2	100%	100%	40%
	Ch. Plana	100%	100%	75%
<i>A. Potatorum</i>	Ch. Cavidades #1	73%	100%	44%
	Ch. Cavidades #2	100%	100%	67%

	Ch. Plana	93%	100%	100%
--	------------------	-----	------	------



Figura 83. *Agave potatorum* emergiendo en charola con cavidades (izquierda) y plana (derecha)



Figura 84. *Agave potatorum* desarrollando primera hoja en vivero de Malla Sombra



Figura 85. Primera hoja de *Agave potatorum* en vivero de Policarbonato



Figura 86. *Agave angustifolia* desarrollando primera hoja en vivero de Policarbonato



Figura 87. *Agave potatorum* desarrollando segunda hoja a Cielo Abierto

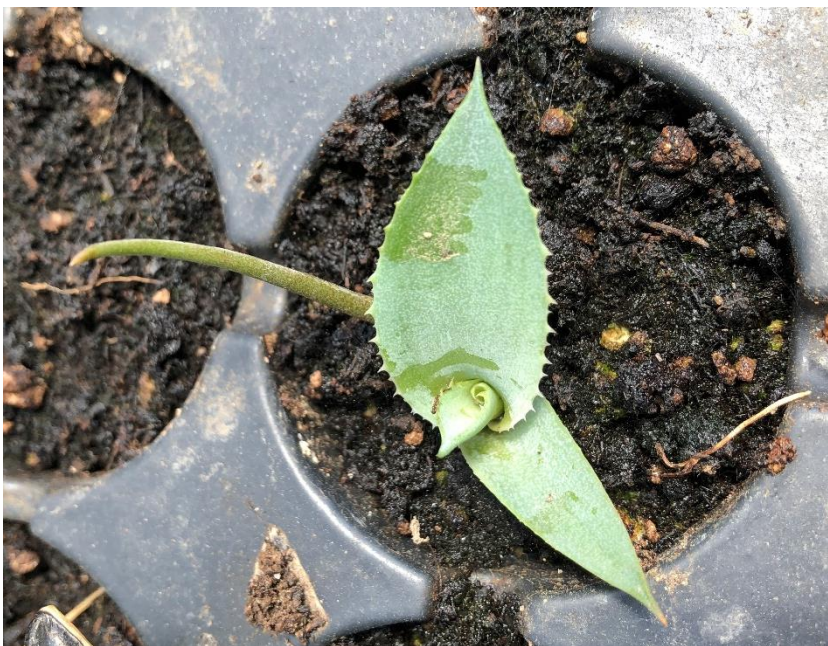


Figura 88. *Agave potatorum* desarrollando tercera hoja en vivero de Policarbonato

El trasplante de las plántulas de charola a bolsa de vivero se llevó a cabo a los 7 meses de desarrollo, para ambas especies de agave, en los tres experimentos. Se utilizó como sustrato tepojal y tierra, en una proporción de 4:1.

Al momento de trasplantar, se observó que las plántulas en charolas de cavidades pudieron retirarse con gran facilidad, sin maltratar las raíces (ver Figura 89). Por otra parte, las de charolas planas, sin cavidades, presentaron raíces entrelazadas entre una y otra plántula (ver Figura 91) dificultando su trasplante, el cual tomó un mayor tiempo al añadir un paso extra de separación de raíces (ver Figura 91), resultando inevitablemente en el rompimiento de éstas (ver Figura 92).

Lo anterior evidencia una ventaja al utilizar charolas de cavidades, puesto que el proceso de trasplante resulta más sencillo, menos tardado y la plántula sufre menos estrés, permitiendo evitar contratiempos en la continuación de su desarrollo.



Figura 89. Trasplante de *Agave potatorum* en charola de cavidades



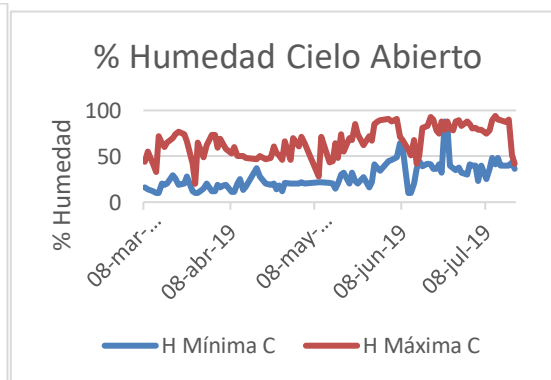
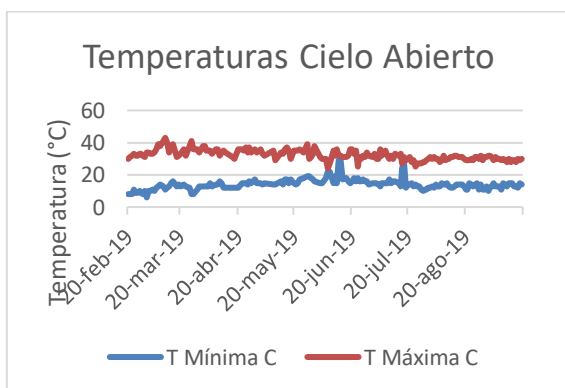
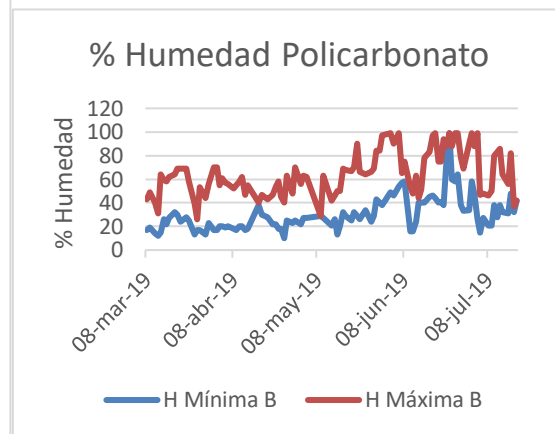
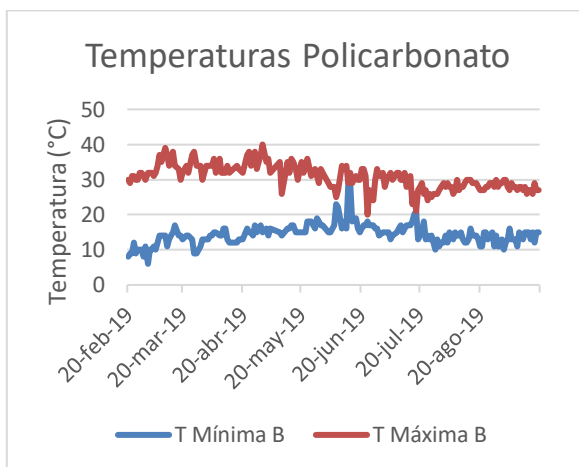
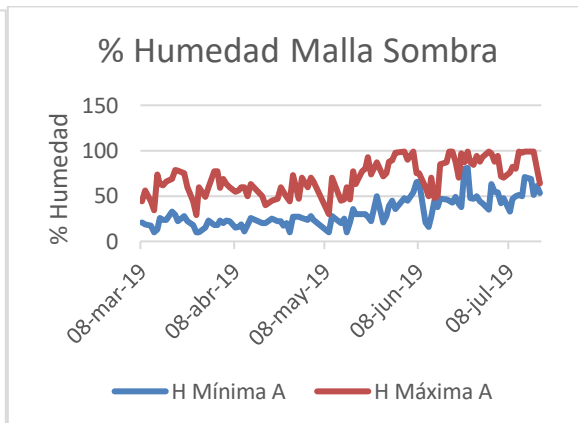
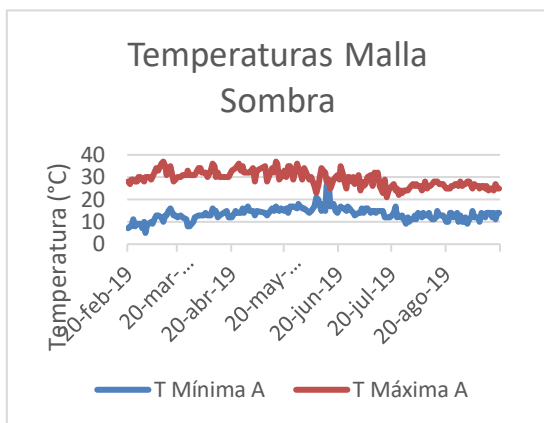
Figura 90. Raíz enredada de *Agave angustifolia* al trasplantar desde charola plana

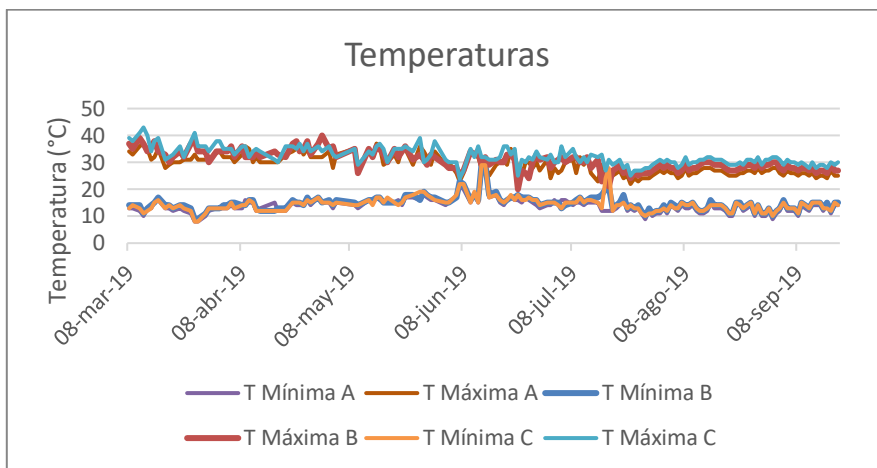


Figura 91. Trasplante de *Agave potatorum* en charola plana.



Figura 92. Raíces rotas al trasplantar agaves en charola plana





	Promedio			
	T min (°C)	T máx (°C)	H min (%)	H máx (%)
Malla	13.38	28.98	33.07	71.11
Poli	14.34	30.58	30.53	64.37
Cielo	14.06	32.25	28.08	67.03



Figura 93. *Agave potatorum* en cielo abierto (izquierda), malla sombra (centro) y policarbonato (derecha).

11.4. Resultados y Discusión del Objetivo 4

11.4.1. Productor de maguey

11.4.1.1. Análisis FODA

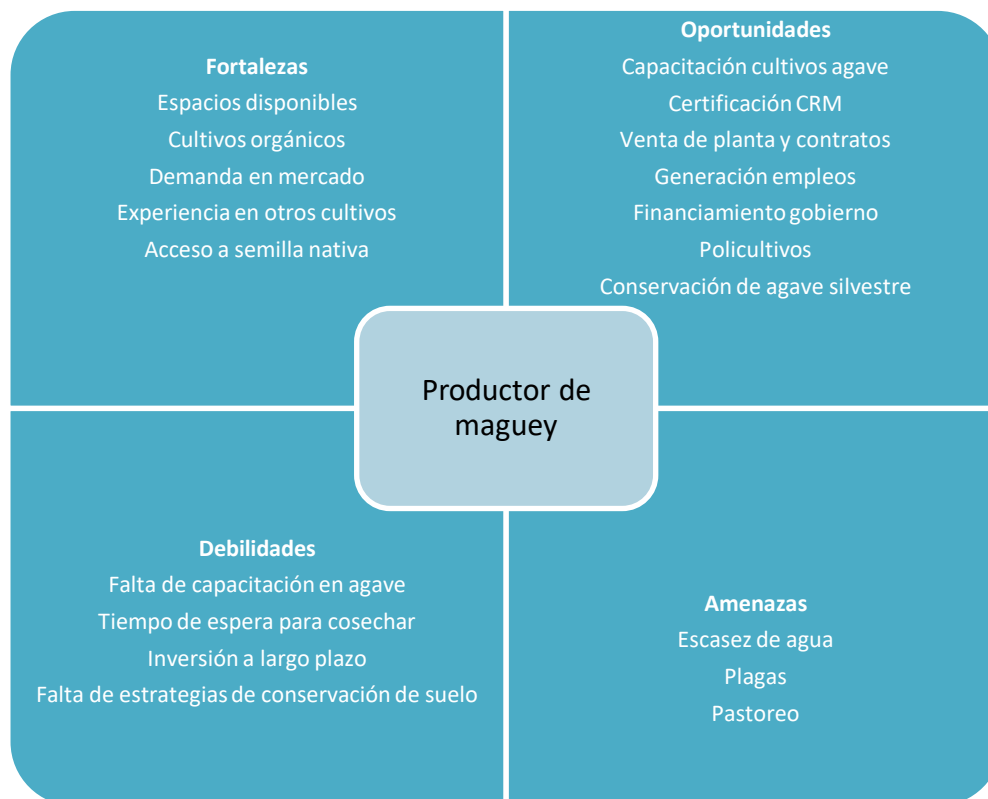


Figura 94. Análisis FODA para productor de maguey

11.4.1.2. Estrategias propuestas

11.4.1.2.1. Establecimiento de viveros y plantaciones

Cumpliendo con la definición de sustentabilidad, el establecimiento de viveros permitirá abordar aspectos económicos, como la generación de empleos y creación de nuevas fuentes de ingresos; ambientales, permitiendo la conservación del maguey a través del cese de la extracción de especímenes silvestres, lo cual a su vez permitirá la conservación de especies asociadas al agave; y sociales, como la integración de los diferentes actores a través de la cadena productiva agave-mezcal y la creación de alianzas.

A través del estudio realizado en los objetivos anteriores de esta tesis y de la investigación en la literatura (Illsley et al., 2005; Pérez, Rodríguez, Nieto, Callejas, & Portillo, 2017; Rosales, Sigala, & Bustamante, 2013; Torres et al., 2013), se propone establecer un vivero rústico para la producción de maguey.

Dicho vivero deberá utilizar malla sombra del 60% y estar completamente cercado y cerrado para solucionar la problemática del pastoreo. El vivero deberá contar con un área para germinación de semillas y otra área para aclimatación de plántulas.

La semilla que se utilice deberá ser recolectada del medio silvestre, al inicio. Posteriormente podrá ser colectada dentro de las mismas plantaciones. La recolección será en los meses de abril y mayo, antes de que el fruto se abra para soltar la semilla. Se sugiere colectar primero los frutos de las ramas inferiores, mientras los de las ramas superiores continúan su maduración. Las semillas se obtienen abriendo el fruto con pinzas. Las semillas se separan por colores, donde las negras contienen embrión y el resto son vanas, y se dejan secar un mes antes de utilizarlas. El tiempo máximo que podrán permanecer almacenadas sin germinar será de un año y medio, para asegurar su viabilidad.

De los experimentos realizados en el objetivo 3 de esta tesis, se obtuvo que el porcentaje promedio más alto de germinación fue de 60% para el *Agave angustifolia* y del 41% para el *Agave pototaturm*. Tomando esto en cuenta, se sugiere que en el vivero se considere sembrar, para efectos prácticos, el doble de semillas del número de magueyes deseados.

Para definir cuánto sembrar, del diagnóstico realizado en el objetivo 1, se sabe que en San Diego La Mesa Tochimiltzingo existen 88 productores de mezcal, y que cada un productor fabrica en promedio 800 litros al año. Así mismo se calcula un rendimiento de 11.11 kg de agave necesarios para elaborar 1 litro de mezcal. Se estima que cada piña de agave pesa alrededor de 30 kg. Tomando estos datos en cuenta, es posible calcular las necesidades de la comunidad como se presenta a continuación:

$$\text{Producción mezcal anual} = \left(800 \frac{\text{L/año}}{\text{productor}} \right) (88 \text{ productores}) = 70,400 \frac{\text{L}}{\text{año}}$$

$$\text{Kilos de agave necesarios} = \left(70,400 \frac{L}{\text{año}}\right) \left(11.11 \frac{kg \text{ agave}}{L}\right) = 782,144 \frac{kg \text{ agave}}{\text{año}}$$

$$\text{Plantas agave necesarias} = \left(782,144 \frac{kg}{\text{año}}\right) \left(\frac{1 \text{ planta}}{30 kg}\right) = 26,071 \frac{\text{plantas}}{\text{año}}$$

Así pues, se obtiene que la comunidad necesita al menos 26,071 magueyes al año, para cubrir las necesidades de materia prima para la elaboración de mezcal. De manera unitaria, cada productor necesita 296 agaves para cumplir con su producción anual. Tomando en cuenta que el porcentaje promedio de germinación es del 50%, cada productor deberá sembrar 592 semillas al año o bien, en conjunto, los viveros que se establezcan en la comunidad deberán sembrar 52,142 semillas al año. Esto solo para cumplir la demanda de mezcal, sin embargo, la producción de planta puede ser mayor para venderla a otras comunidades y/o generar contratos con clientes externos al municipio.

Para la germinación se sugiere utilizar charolas de cavidades, o bien, camas de germinación con distribución de cuadrícula con espacios mínimo de 5x5cm, para evitar que las raíces de las plántulas se enreden entre sí y se logre un trasplante menos estresante y más rápido. El sustrato a utilizar deberá ser una mezcla de peat moss y agrolita, en una proporción de 2:1. El riego deberá ser diario durante los primeros 2 meses y posteriormente cada tercer día durante los siguientes 2 meses.

A partir del desarrollo de la cuarta hoja para el *A. potatorum* y de la segunda hoja para el *A. angustifolia*, es decir, alrededor de los 4-5 meses, se deberá trasplantar a bolsas de vivero de tamaño #22 en adelante, para asegurar que la plántula tenga suficiente espacio para continuar su desarrollo sin requerir trasplantes adicionales. Para este paso se propone utilizar un sustrato de tepojal y tierra, en una proporción de 4:1.

Una vez en las bolsas, el riego deberá ser semanal o quincenal. Se sugiere que las plántulas permanezcan así al menos 2 años. Previo a su traslado a campo, deberán aclimatarse entre 2 y 6 meses, limitando su riego y exponiéndolas a la radiación solar paulatinamente. Se deberá hacer deshierbe manual cada mes.

La fertilización de las plántulas iniciará una vez que se encuentren en las bolsas de vivero. Se deberá evitar la utilización de agroquímicos, por lo que se sugiere hacer uso de abonos orgánicos como estiércol de ovinos, bovinos o caprinos, o bien lombricomposta o el mismo bagazo, residuo de la destilación del mezcal. Mientras se encuentran aún en el vivero, se sugiere hacer una fertilización con 0.5 kg de abono orgánico por planta, cada dos meses (Ayvar, Díaz, & Romero, 2017).

Se propone utilizar al menos el 20% de los magueyes cultivados como proveedores de semilla; deberán seleccionarse las plántulas más robustas y separarlas para hacer plantaciones especiales de plantas semilleras.

Para el establecimiento de cultivos, se recomienda plantar al comienzo de la temporada de lluvias. Se puede realizar el cultivo en valles o en laderas, siguiendo las curvas de nivel cuando la pendiente sea mayor al 30%. El espacio entre agaves deberá de ser de 1 a 2 metros. El terreno deberá estar cercado para evitar la entrada de ganado y proteger las plantas. Se recomienda realizar una fertilización al campo, previo a trasplantar los agaves, utilizando abono orgánico, removiendo la tierra del suelo e integrándolo con esta.

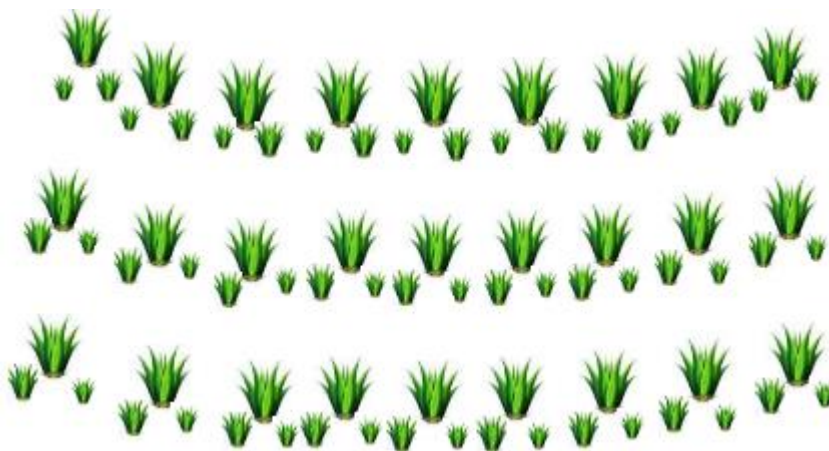


Figura 95. Ejemplo de cultivo en curvas de nivel. Imagen tomada de Pérez et. al. (2017).

Se deberá contar con espacio suficiente para dividir el terreno en 10 partes, donde cada parte deberá contener la producción anual completa, de manera que se puedan hacer cultivos escalonados (ver Figura 96). Esto permitirá asegurar la materia prima necesaria para cada año.

Ejemplo, en el caso de un solo productor, la necesidad es de 296 agaves cada año, redondeado a 300 agaves por cuestiones prácticas, cada parcela deberá contener esa cantidad de agaves, con un año de diferencia en la fecha de siembra. De esta forma, al paso de 10 años, tiempo necesario para el desarrollo completo de la planta, se tiene asegurada la planta para las generaciones futuras. La cantidad necesaria de agaves deberá recalcularse cada año, con base en la demanda de mezcal.

300 agaves Siembra: 2020 Cosecha: 2030	300 agaves Siembra: 2021 Cosecha: 2031	300 agaves Siembra: 2022 Cosecha: 2032	300 agaves Siembra: 2023 Cosecha: 2033	300 agaves Siembra: 2024 Cosecha: 2034
300 agaves Siembra: 2025 Cosecha: 2035	300 agaves Siembra: 2026 Cosecha: 2036	300 agaves Siembra: 2027 Cosecha: 2037	300 agaves Siembra: 2028 Cosecha: 2038	300 agaves Siembra: 2029 Cosecha: 2039

Figura 96. Ejemplo de cultivos escalonados de agave, por productor.

Una vez cosechado el cuadrante, lo ideal es dejar descansar el suelo al menos durante 1 año antes de volver a plantar, para permitir su regeneración natural. De igual forma se sugiere la rotación de cultivos, en medida de lo posible.

Se sugiere que las plantaciones de maguey se realicen como sistema agroforestal, involucrando especies maderables, aprovechables para el mismo proceso de elaboración de mezcal, como el mezquite, el sabino y el huizache. En la Figura 97 se propone un acomodo de lindero, que funja como barrera/cerca viva. Las hileras contiguas a los árboles serán de magueyes semilleros, mostrados en color rosa. Esto tiene la intención de que los magueyes estén resguardados bajo los árboles que desempeñarán el papel de nodriza, brindado sombra y protegiendo al maguey de las inclemencias del tiempo, aumentando sus probabilidades de supervivencia y asegurando la obtención de semilla. Así mismo, el resguardo del árbol proporcionará protección del viento al qurote del maguey, cuando se encuentre en su etapa reproductiva, evitando que se quiebre, como sucede en algunas ocasiones en el medio silvestre. El acomodo en lindero permitirá también la exclusión del ganado en las plantaciones de agave. Las hileras siguientes a los magueyes semilleros, serán de magueyes mezcaleros, mostrados en verde. Estos magueyes estarán expuestos al sol directo, de manera que generarán más azúcares y otorgarán rendimientos óptimos al momento de destilarlos.

El acomodo presentado en la Figura 97 representa un predio con 100 agaves, con espacio de 1 a 2 metros entre cada uno. Para la conservación de los nutrientes del suelo, se sugiere que se intercalen los árboles de esta manera, por cada 100 agaves plantados. Los maderables podrán aprovecharse por poda o, bien, cortando el ejemplar completo.

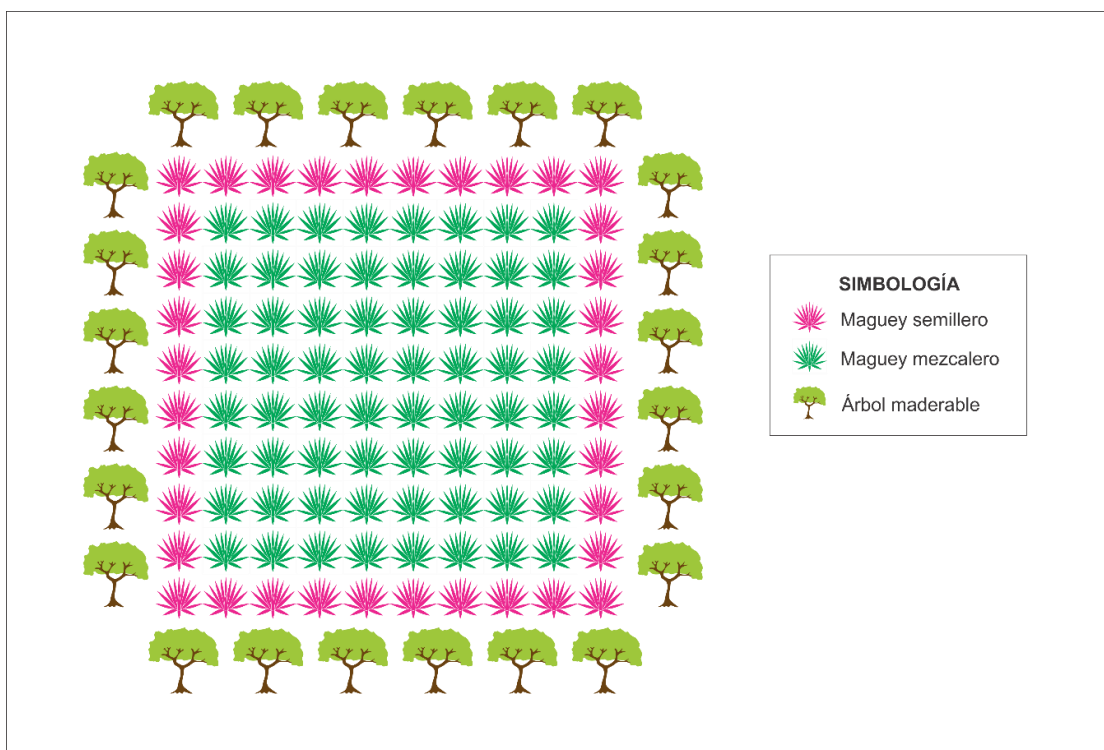


Figura 97. Propuesta de sistema agroforestal maguay-mezquite-sabino

Algunos autores sugieren incorporar cultivos anuales entre las hileras de agave, permitiendo tener aún más diversidad en la parcela, ayudado a la conservación del suelo, aprovechando el espacio al máximo y disminuyendo la existencia de plagas y enfermedades, (Ayvar et al., 2017; Bautista & Smit, 2012; Zizumbo-Villarreal et al., 2009). Dichos autores plantean cultivar maíz, frijol o garbanzo, durante los primeros 3 años del establecimiento de la parcela de maguay.

La fertilización de la parcela deberá hacerse anualmente, incorporando al terreno abono orgánico, como estiércol ovino, bovino o caprino, lombricomposta o composta de bagazo. Se estima necesitar entre 1.5 y 4 kg por planta (Ayvar et al., 2017; Pérez et al., 2017)

En cuanto al control de plaga, como el picudo (*Scyphophocus interstitialis*) y la gallina ciega (*Phyllophaga spp*), se pueden prevenir y disminuir al tener cultivos con diversidad de especies agrícolas y forestales (Bautista & Smit, 2012; Zizumbo-Villarreal et al., 2009). Otra medida preventiva consiste en arar el terreno previo a la siembra, para exponer aquellas plagas que se encuentran en el suelo como el mayate (*Rhynchophorous spp*) y otras larvas. Realizar un control manual de maleza en las parcelas permitirá prevenir la llegada de plagas. Si bien no se acostumbra a realizar podas de maguey, se puede hacer podas fitosanitarias para remover pencas enfermas o con plaga y salvar el resto de la planta. Cuando se identifique que la piña está infestada, se deberá remover por completo la planta y retirarla del predio para evitar contaminar otros magueyes. Cosechar oportunamente los magueyes también es una buena práctica. Como control biológico se ha encontrado que el hongo *Bauveria bassiana* se puede aplicar a las pencas de planta, provocando la mortalidad del picudo y otras plagas, al ser utilizado en soluciones de concentraciones de 2.1×10^{10} esporas/ml (Ayvar et al., 2017). A pesar de que los plaguicidas y herbicidas son comúnmente utilizados, se sugiere evitar el uso de agroquímicos y hacer énfasis en las acciones preventivas y de control manual.

11.4.1.2.2. Certificación ante el Consejo Regulador de Mezcal

La certificación del maguey ante del Consejo Regulador de Mezcal (CRM) permite vender la planta como materia prima para la fabricación de mezcales que igualmente cuentan con certificación y solo pueden obtener su materia prima de proveedores certificados. Por ende, al registrarse ante el CRM, se logra un mejor posicionamiento en el mercado y se pueden generar contratos con clientes formalizados.

Se deberá hacer un trámite independiente para Viverista y para Productor de Maguey, siendo el proceso y requisitos los mismos para ambos casos, como se presenta a continuación (Consejo Regulador del Mezcal, 2020).

Procedimiento de certificación

1. Realizar la solicitud en línea a través del portal <http://serviciosonlinea.crm.org.mx/inscripcion/>

2. El organismo de certificación a través de la Unidad de Atención al Asociado dará revisión y seguimiento al expediente en un plazo no mayor a 30 días naturales.
3. Firma del contrato de prestación de servicios como Asociado del CRM.
4. La Unidad de Maguey asiste a georreferenciar y registrar el paraje, predio o vivero de maguey.
5. Se emite el Registro de Maguey o de Vivero y las Guías de Maguey para efectuar transacciones (compra-venta).
6. Cada dos años se renueva el Registro de Maguey.

Documentos

- Identificación oficial vigente del titular (en caso de ser persona física) o representante legal (en caso de ser persona moral).
- CURP (en caso de ser persona física).
- Acta Constitutiva notariada inscrita ante el Registro Público de la Propiedad (en caso de ser persona moral).
- Poder notarial del representante legal de la persona moral.
- Formato FC-06 Pre-registro de maguey (disponible en http://www.crm.org.mx/servicios_clientes.php), en el cual se solicita registrar cada paraje con su nombre, localidad, municipio, distrito y estado.

En caso de nombrar a un representante o responsable de trámite antes del CRM, anexar:

- Identificación oficial vigente de la persona autorizada.
- Carta de designación de persona autorizada para realizar los trámites ante el CRM.

Con los documentos anteriores iniciará la inscripción del asociado al CRM, a través de un proceso en línea accediendo al siguiente enlace: <http://serviciosonlinea.crm.org.mx/inscripcion/>

Infraestructura mínima

- No requiere demostración de infraestructura.

Equipo mínimo

- No requiere demostración de equipo.

Cuotas

- Inscripción: \$0.0
- Anualidad: \$0.0
- Registro por predio de maguey: \$0.0
- Viáticos: \$2,200 por día en Puebla, con visita programada en el calendario publicado. De ser un servicio exclusivo fuera del calendario del CRM, el costo es de \$4,500 para Puebla.

Otros detalles

Durante la visita del CRM al predio o vivero, el solicitante deberá mostrar al técnico de campo:

- Las escrituras o documento que demuestre la posesión de los predios.
- Identificación oficial vigente del dueño del predio o representante legal de la sociedad.
- Acta constitutiva (cuando aplique).

11.4.1.2.3. Prácticas extractivas sustentables en el medio silvestre

Los cultivos de agave tardarán 10 años en poder ser cosechados, tiempo en el que la comunidad mezcalera continuará realizando extracción de especímenes silvestres para cubrir la demanda de licor. Es por esto que resulta de vital importancia proponer los lineamientos para contar con prácticas extractivas sustentables que permitan la conservación de la biodiversidad en la zona.

Extracción de agave

Para promover la conservación de este recurso, tomando como base el proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-005-SEMARNAT-2012, que establece los criterios para realizar el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales no maderables existentes en los ecosistemas forestales; bosques de clima templado frío, selvas y zonas áridas y semiáridas (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012), se propone lo siguiente:

- Extraer solamente agaves maduros. Los individuos más jóvenes deberán permanecer intactos para permitirles continuar su desarrollo.
- Dejar como mínimo el 20% de las plantas en etapa de madurez de cosecha, para que lleguen a su madurez reproductiva y propiciar así la regeneración por semilla. En la práctica se entiende como dejar intacto 1 agave por cada 4 cortados. Las plantas a preservar deberán ser marcadas de forma visible, señalando a otros jimadores que es un maguey semillero y no deberá ser cosechado.
- Cuando se desee aprovechar solo las pencas, se podrá cortar máximo el 50% de ellas, en aquellos individuos que hayan alcanzado su madurez.
- Para favorecer el desarrollo de nuevas plantas de maguey, se recomienda el trasplante de hijuelos en las mismas áreas de aprovechamiento.

Extracción de leña

Como estrategias para evitar la deforestación y la pérdida de materia orgánica, se establece que:

- Para la leña seca se permite la extracción siempre y cuando no implique cortar el árbol seco completo.
- Para la extracción de leña verde, se aprovechen las ramas de acuerdo con las características vegetativas y de regeneración de cada especie, no debiendo rebasar las dos terceras partes de la longitud de la parte ramificada de cada planta, como lo sugiere SEMARNAT (2012). Ejemplo de esto es realizar poda de encinos o mezquites, sin cortarlos, permitiéndoles que rebroten. Las podas deberán realizarse de forma escalonada, permitiendo la regeneración de los árboles.

- Se deberán definir las áreas de recarga de acuíferos y evitar talar en esa zona, para la conservación de suelos, evitando la erosión y permitiendo la protección del agua en la comunidad.

11.4.1.2.4. Repoblación del medio silvestre

Con base en el manual del manejo campesino de magueyes mezcaleros silvestres (Illsley et al., 2005) , el manual de germinación y manejo de especies forestales (Rodríguez, Vergara, Ramos, & Sainz, 2002) y los estudios de Torres (2009;2013) se propone una estrategia de repoblación de agave en la Reserva Estatal Sierra del Tentzo, presentada a continuación.

Se propone seleccionar un sitio dentro de la zona núcleo de la reserva (ver Figura 98), por ejemplo, el Paraje de los Ahogados, donde se realizó el muestreo de población de agaves presentado en el objetivo 2 de este trabajo. El área seleccionada deberá cercarse para evitar la entrada del ganado y para delimitar la zona de reforestación y, por ende, de prohibición de extracción. Dentro de este sitio se realizarán cuatro labores:

1. La dispersión de semillas de este u otro sitio de la reserva, para ayudar al repoblamiento natural. Se recomienda dispersar las semillas cosechadas ese mismo año, en los meses de lluvia.
2. La repoblación con plántulas provenientes de los viveros de la comunidad. Deberán ser mayores de 2 años y ser sembradas bajo la sombra de una planta nodriza, para aumentar sus probabilidades de supervivencia. La cantidad de magueyes que se deberán plantar en las zonas de reforestación estará en función de la cantidad extraída anualmente. Se propone que se planten 20 magueyes por cada maguey aprovechado. Se recomienda plantar al inicio de la temporada de lluvias.
3. Las prácticas pertinentes para la prevención de incendios.
4. La creación de inventarios anuales, para conocer el estado inicial del sitio y su progreso.

Respecto a este último punto, se deberá crear una comisión que salga a contar los magueyes maduros cada año y que se dedique a la supervisión de los sitios de reforestación. Para esto

deberán organizarse los maestros mezcaleros de las distintas fábricas, junto con la presidencia municipal. Existe incluso la posibilidad de crear nomas comunitarias para imponer sanciones a quienes no respeten las zonas de reforestación.

Por otra parte, serán necesarios acuerdos comunitarios para el reparto de beneficios, ya que el maguey en esta zona es de uso común. Se sugiere establecer un número de cabezas de maguey proporcional a la participación y la aportación realizada por cada mezcalero, ya sea en tiempo, en efectivo o en especie.

En general, se deberá hacer una revisión de los acuerdos comunitarios para regular el acceso, uso y manejo del maguey y otros recursos naturales de la región.

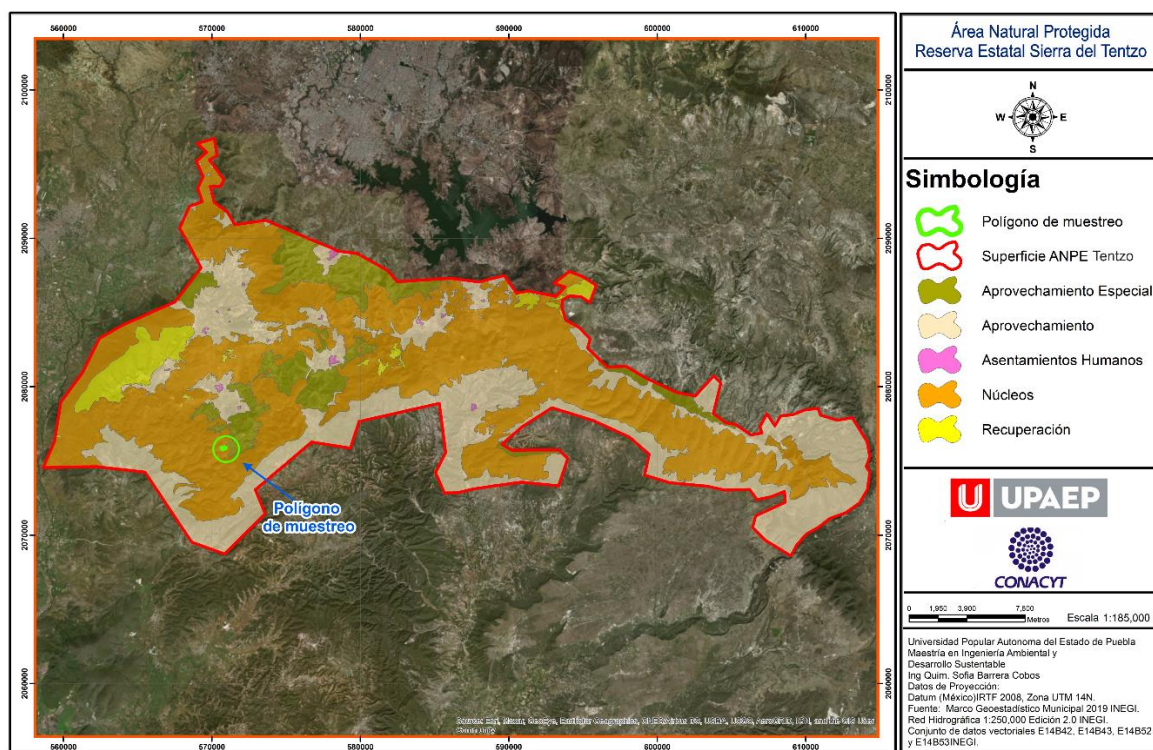


Figura 98. Zonificación de la Reserva Estatal Sierra del Tentzo

Por otra parte, se pueden usar los agaves para reforestar y ayudar a la retención de suelos, infiltración del agua y disminución de la erosión, al acomodarse en curvas de nivel, en zonas desmontadas o de recarga de acuíferos, en forma de bordos o terrazas, o como barreras vivas

alrededor de otros cultivos, promoviendo la conservación de otros recursos. De ser posible, la comunidad deberá generar un plan de restauración de áreas degradadas.

11.4.1.2.5. Colector pluvial en viveros

Se sugiere la instalación de un colector pluvial en los viveros, para asegurar la cantidad necesaria de agua para el riego de las plántulas. En la sección 11.4.2.2.7 de este trabajo, se presenta la metodología completa para su instalación.

11.4.2. Productor y envasador de mezcal

11.4.2.1. Análisis FODA

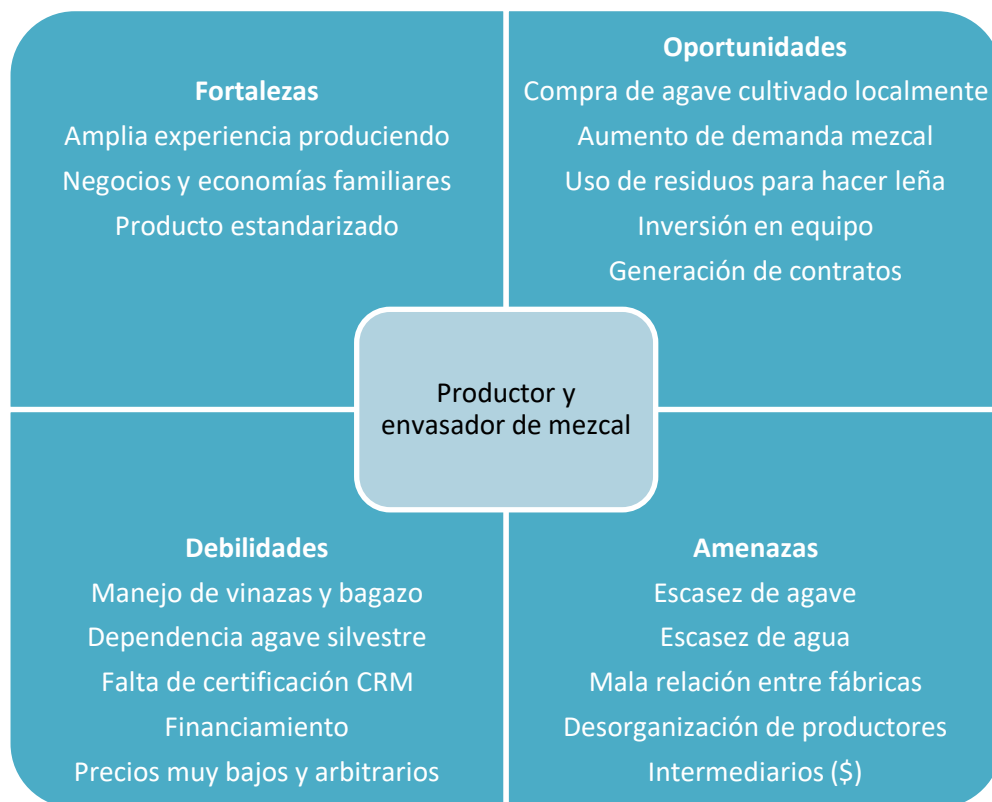


Figura 99. Análisis FODA para productor y envasador de mezcal

11.4.2.2. Estrategias propuestas

11.4.2.2.1. Manejo de residuos- bagazo

El bagazo es uno de los principales residuos de la producción de mezcal, siendo las fibras sobrantes del mosto destilado, compuesto principalmente por celulosa.

En la etapa de diagnóstico de este trabajo, se estimó que, por cada tonelada de agave usado para la destilación de mezcal, se obtienen 400 kg de bagazo, mismo valor reportado en la literatura (Ordaz, Madrid, Rodríguez, & Bailón, 2019). Es decir que, por cada litro de mezcal, se producen 4.4 kg de bagazo. Tomando en cuenta que, en promedio, cada maestro mezcalero elabora 800 litros al año, cada productor tiene un residuo de 35,200 kg de bagazo anuales.

Por sus diversas aplicaciones y por su gran cantidad producida, se proponen tres estrategias diferentes para el aprovechamiento del bagazo: compostaje, ecoladrillos y sustrato para cultivo.

11.4.2.2.2. Bagazo para composta

Un aprovechamiento común del bagazo en la industria del mezcal es la elaboración de compostas (Gurrola, Herrera, & Hernández, 2016; J. Hernández, 2014; Ordaz et al., 2019). Durante la etapa de diagnóstico de esta tesis se encontró que esta práctica ya es de por sí realizada por los productores de mezcal del municipio de San Diego La Mesa Tochimiltzingo, quienes apilan el bagazo a un lado de la fábrica, y lo dejan descomponerse naturalmente durante dos años, para después aprovecharlo en la fertilización de sus campos.

Debido a que esta práctica ya es realizada en la comunidad, se toma como base lo observado en campo y se realizan las siguientes sugerencias:

- Se debe colocar un hule negro o algún otro material aislante como base, para evitar que los lixiviados escurran al suelo y causen erosión.
- La composta deberá ser cubierta igualmente por un hule negro, para mantener la humedad del bagazo y para aumentar su temperatura al recibir los rayos del sol, acelerando su descomposición.

- Mover la composta cada semana, para obtener una descomposición homogénea.
- Incorporar estiércol de ganado para enriquecer los nutrientes en la composta.
- Cribar el producto resultante, para una mejor incorporación a los suelos.

En la literatura se reporta que al seguir estas indicaciones se pueden tener la composta lista en un periodo de 120 días (Gurrola et al., 2016). Se sugiere que los maestros mezcaleros realicen lotes separados de composta, para evitar mezclar bagazo fresco con descompuesto.

Debido al alto contenido de celulosa en el bagazo (Ordaz et al., 2019), la incorporación de enzimas y lombrices para acelerar su descomposición resulta poco eficiente.

En la sección 11.4.2.2.5 de este trabajo se presenta otra alternativa de compostaje incluyendo las vinazas de la destilación de mezcal.

11.4.2.2.3. Bagazo para ecoladrillos

Se puede utilizar el bagazo deshidratado como materia prima para la elaboración de ladrillos para construcción (Consejo Regulador del Mezcal, 2019; Estrada & Rodríguez, 2016; J. Hernández, 2014; Martínez, Eliche, Cruz, & Corpas, 2012; Pozo, 2011; Ruiz, Estrada, Pérez, & Aguiluz, 2019) los cuales pueden ser usados en la elaboración de bodegas, casas o ampliaciones de la fábrica. Los estudios citados demuestran que la incorporación de bagazo en la elaboración de ladrillos de mampostería o adobe es factible e incluso añade propiedades a las construcciones como ligereza en los materiales, resistencia a la compresión y sin afectaciones en el tiempo de fraguado.

Tomando como principal referencia el estudio de Ruiz et. al. (2019), el cual realiza sus experimentos con bagazo de *Agave angustifolia*, especie de interés para el caso de San Diego La Mesa Tochimiltzingo, se establece que la concentración de bagazo debe ser del 18% con respecto al peso el adobe. El bagazo debe estar deshidratado y triturado en longitudes de 0.5 cm. El tamaño de los ladrillos puede ser definido al gusto, mientras se respeten las proporciones de la mezcla.

Esta estrategia permite el aprovechamiento de residuos de las fábricas de mezcal, convirtiendo el bagazo en un subproducto utilizable como materia prima en la elaboración de materiales de construcción.

11.4.2.2.4. Bagazo como sustrato

Se ha reportado que el bagazo de maguey puede ser utilizado como sustrato para la producción de hongos (Baena, Alpuche, & Flores, 2005; Chairez-Aquino, Enríquez del Valle, Ruíz-Luna, Campos-Ángeles, & Martínez-García, 2015; Leonor, Omen, Martínez, & Velasco, 2013), de tomate (Martínez-Gutiérrez, Íñiguez-Covarrubias, Ortiz-Hernández, López-Cruz, & Bautista-Cruz, 2013; Ordaz et al., 2019) y del mismo agave en vivero (Crespo et al., 2013).

El cultivo de hongos se ha demostrado factible tanto para el bagazo de agave, como para el bagazo de caña de azúcar, los cuales comparten características similares en cuanto a su carácter lignocelulósico. La especie más trabajada en bagazo es el hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Baena et al., 2005; Chairez-Aquino et al., 2015; Leonor et al., 2013), el cual tiene la capacidad de crecer en este material, pues sintetiza enzimas que degradan la celulosa, la lignina y la hemicelulosa (Chairez-Aquino et al., 2015). Para utilizar el bagazo es necesario realizar un lavado con agua y peróxido de hidrógeno al 3%, para eliminar los azúcares adheridos a las fibras y reducir la proliferación de microorganismos no deseados, seguido de una pasteurización con agua a 80°C durante 60 minutos (Chairez-Aquino et al., 2015; Leonor et al., 2013). La misma investigación define que el sustrato puede ser utilizado para dos cosechas de hongos, antes de agotarse. Si bien el bagazo puede utilizarse por sí solo como sustrato, se sugiere la incorporación de hojas de maíz para aumentar los rendimientos de cosecha de hongo.

En cuanto al cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) se propone utilizar el bagazo como sustrato orgánico para el cultivo sin suelo. En el estudio de Martínez-Gutiérrez et. al. (2013) se analizan las propiedades fisicoquímicas del bagazo de maguey y se encuentra que están dentro del nivel de referencia para sustratos de cultivo. Este estudio realizó cultivos de tomate en bagazo compostado con diferentes tiempos de apilado, hallando los mejores rendimientos en los sustratos de 180 días de apilado seguidos de 115 días de compostado. Entiéndase apilado como la acumulación del bagazo salido del destilado en el patio de la fábrica, sin ser cubierto ni

revuelto, sino simplemente reposado. El compostaje posterior consiste en mover y humedecer el bagazo con agua potable cada tercer día, dentro de bolsas de papel.

Para el caso del cultivo agave se utiliza polvo de coco y bagazo compostado, idealmente en una proporción de 30% a 50%, para plántulas a partir de 16 meses de edad (Martínez-Gutiérrez et al., 2013) por sus características, existe una alta probabilidad de que funcione de igual manera como sustrato para germinar agaves. Esto podría resultar en un ahorro económico en la producción de maguey mezcalero en vivero.

11.4.2.2.5. Manejo de residuos- vinazas

Las vinazas son uno de los residuos más importantes en la producción de mezcal. Por sus características fisicoquímicas, resultan muy agresivas para el medio ambiente, principalmente suelos y cuerpos de agua, ya que tienen pH bajos, alta salinidad, requieren una alta demanda química de oxígeno y presentan una alta concentración de sólidos de materia orgánica la cual puede causar eutrofización (Morán-Salazar et al., 2016; Ordaz et al., 2019; Robles-González, Galíndez-Mayer, Rinderknecht-Seijas, & Poggi-Varaldo, 2012). Se estima que por cada litro de mezcal producido, se obtienen 14.9 litros de vinazas como residuo (Ordaz et al., 2019).

Existen tratamientos biológicos y químicos como la digestión anaeróbica, la ozonificación y los procedimientos aerobios incluyendo el uso de bacterias como las pseudomonas y algunos hongos (CONADESUCA & SAGARPA, 2016; Robles-González et al., 2012) sin embargo son tratamientos que requieren el uso de equipos complejos y costosos como reactores, lechos fluidizados, digestores, filtros y destiladores, siendo una tecnología no viable para el caso de San Diego La Mesa Tochimiltzingo.

En la literatura se reporta la neutralización de vinazas con cal, para posteriormente utilizarse en el riego de campos (J. Hernández, 2014). Se recomienda que el riego se realice en zonas ubicadas a más de 50 metros de reservas protegidas, fuera de zonas de abastos de aguas subterráneas, a más de 15 metros de los bordes de vías de comunicación y a una distancia de 1000 metros de los núcleos urbanos (CONADESUCA & SAGARPA, 2016). El uso de vinazas

neutralizadas para el riego funge a su vez como fertilizante, por sus altas concentraciones de carbono, nitrógeno, potasio y fósforo (Ordaz et al., 2019).

El estudio de Robles-González et. al. (2012) hace una recopilación de diversos autores y experimentos de co-compostas con vinazas de otros tipos de alcohol, obteniendo resultados favorables al combinar materia orgánica sólida con vinazas. Se observa que, en este tipo de compostas, el valor de fertilización es alto, con un perfil de nutrientes adecuado, químicamente estable y libre de fitotoxinas. Se define que, a mayor proporción de vinazas, mayor acidez, mayor salinidad y mayor pérdida de nutrientes, por lo que se sugiere mantener la proporción de vinazas en un 10% a 20% máximo en las compostas. Experimentos exitosos incluyen el uso de vermicomposta, estiércol de ganado y residuos agrícolas.

El disponer de las vinazas de esta manera reduce el riesgo de erosión de suelos, de eutrofización de cuerpos de agua y propicia el aumento de cobertura vegetal (Robles-González et al., 2012). La adopción de las co-compostas con vinazas y materia orgánica sólida es una tecnología de bajo costo, adecuada para regiones rurales, por lo que se propone como estrategia principal para el caso de San Diego La Mesa Tochimiltzingo.

Otro uso del bagazo y las vinazas es la producción de biogás (Gómez, Caballero, & Hernández, 2014) aunque esto requiere de una tecnología más elaborada.

11.4.2.2.6. Bagazo y pencas de maguey como alternativas a la leña

De la etapa de diagnóstico, se conoce que para hornear una tonelada de maguey se requieren 185 kg de leña verde. Adicionalmente, se sabe que se utilizan 85 kg de leña seca para destilar la misma cantidad de agave. A continuación, se presentan los cálculos realizados para estimar la cantidad necesaria de leña verde y leña seca, anualmente, para el caso de la fábrica Tepenahuazo:

$$\text{Producción mezcal anual} = \left(800 \frac{\text{L mezcal/año}}{\text{socio}} \right) (14 \text{ socios}) = 11,200 \frac{\text{L mezcal}}{\text{año}}$$

$$\text{Kg agave necesarios} = \left(11,200 \frac{\text{L mezcal}}{\text{año}} \right) \left(11.11 \frac{\text{kg agave}}{\text{L mezcal}} \right) = 124,432 \frac{\text{kg agave}}{\text{año}}$$

$$Kg\ leña\ verde = \left(124,432 \frac{kg\ agave}{año}\right) \left(\frac{185\ kg\ leña\ verde}{1,000\ kg\ agave}\right) = 23,020 \frac{kg\ leña\ verde}{año}$$

$$Kg\ leña\ seca = \left(124,432 \frac{kg\ agave}{año}\right) \left(\frac{85\ kg\ leña\ seca}{1,000\ kg\ agave}\right) = 10,577 \frac{kg\ leña\ seca}{año}$$

Se observa que, para cumplir la demanda de mezcal anual en la fábrica Tepenahuazo, se necesitan 23,020 kg de leña verde y 10,577 kg de leña seca.

En el caso específico de San Diego La Mesa Tochimiltzingo, se conoce que los jimadores de maguey solo aprovechan la piña de la planta, dejando como residuo las pencas, las cuales se dejan en el campo. Se encuentra documentado que en algunos palenques de Oaxaca y Puebla se aprovechan las pencas de maguey como complemento a la leña, en el proceso de horneado, por lo que se sugiere que las fábricas estudiadas implementen la práctica de recolección y aprovechamiento de pencas para el horneado del maguey. De esta forma se convierte un residuo del jimado en materia prima para la elaboración de mezcal, reduciendo la cantidad de leña verde necesaria, logrando a su vez la disminución de la deforestación.

Por otra parte, se sugiere probar usar el bagazo deshidratado como combustible en los procesos de horneado y destilado, ya que se ha encontrado que este residuo tiene un valor de calor de combustión de 9.55 MJ/kg (Chávez-Guerrero & Hinojosa, 2010), pudiendo sustituir a la palma usada para encender el horno y a la leña seca usada para destilar el licor.

El bagazo también podría ser usado para producir carbón, por medio de un proceso de pirólisis a 450°C (Chávez-Guerrero & Hinojosa, 2010) aunque esta es una tecnología fuera del alcance para este caso estudio. De la misma forma, como proyecto a futuro, se podría explorar la posibilidad de producir bioetanol a partir de las pencas de agave (Corbin et al., 2015).

11.4.2.2.7. Colector pluvial en fábrica

A partir del diagnóstico realizado en el objetivo 1 de esta tesis, se conoce que, por cada tonelada de agave a fermentar, se utilizan 300 litros de agua de pozo. Así mismo se sabe que, para la etapa de destilado, se utilizan 9,000 litros de agua de enfriamiento para la condensación del licor, de los cuales se pierden, por evaporación, 100 litros por cada tonelada de maguey

destilada. Es decir, que cada tonelada de agave requerirá 400 litros de agua en el proceso de transformación. Conociendo que para elaborar 1 litro de mezcal se utilizan 11.11 kg de agave, se calcula el total de kilogramos de agave utilizados anualmente, y se hace la relación con los litros de agua necesarios por tonelada. A continuación se presentan los cálculos para el caso específico de la fábrica Tepenahuazo.

$$\text{Producción mezcal anual} = \left(800 \frac{\text{L mezcal/año}}{\text{socio}} \right) (14 \text{ socios}) = 11,200 \frac{\text{L mezcal}}{\text{año}}$$

$$\text{Kg agave necesarios} = \left(11,200 \frac{\text{L mezcal}}{\text{año}} \right) \left(11.11 \frac{\text{kg agave}}{\text{L mezcal}} \right) = 124,432 \frac{\text{kg agave}}{\text{año}}$$

$$\text{Litros agua necesarios} = \left(124,432 \frac{\text{kg agave}}{\text{año}} \right) \left(\frac{400 \text{ L agua}}{1,000 \text{ kg agave}} \right) = 49,773 \frac{\text{L agua}}{\text{año}}$$

Se observa que, para la transformación del maguey en mezcal, se requieren anualmente 49,773 litros de agua, los cuales provienen de pozos cercanos a la fábrica. Es por esto que se propone la recolección de lluvia como estrategia de sustentabilidad, para un mejor aprovechamiento de este recurso.

En el caso de Tepenahuazo, la fábrica cuenta con un espacio de 1,000 m², los cuales actualmente cuentan con un techo de lona, pero se han comenzado a construir los cimientos para techarlo propiamente. Se sugiere que, dentro de la planeación del techado, se incluya el diseño de un colector pluvial que permita captar el agua de lluvia para utilizarla en el proceso de fabricación de mezcal.

Para calcular el volumen de agua que se podrá captar anualmente, se utiliza la fórmula propuesta en el Manual de Captación de Aguas de Lluvia para Centros Urbanos (Adler, Carmona, & Bojalil, 2008):

$$\text{Volumen agua} = (0.80)(\text{área efectiva de captación})(\text{cantidad de lluvia anual})$$

Donde el valor 0.80 es el coeficiente de escurrimiento aproximado, y representa la cantidad de agua que se pierde (aprox. 20%) antes de llegar a la cisterna, por evaporación, infiltración, etc. Este valor dependerá de factores como la temperatura promedio, vientos, tipo de superficie y de

impermeabilizante.; sin embargo, 20% es un buen criterio de diseño que funciona para la mayoría de los casos (Adler et al., 2008).

Para San Diego la Mesa Tochimiltzingo se reporta un rango de precipitación anual de 800 mm (INEGI, 2009) equivalente a 800 litros al año por metro cuadrado. Considerando que de los 1,000 m² de la fábrica se techaran la mitad, excluyendo el área de horneado, y utilizando el coeficiente de escurrimiento de 0.8, se obtienen el volumen de agua anual a captar:

$$Volumen\ agua\ a\ captar = (0.80)(500\ m^2) \left(800 \frac{L}{año * m^2} \right) = 320,000 \frac{L}{año}$$

Se observa que un sistema de captación de agua de lluvia en la fábrica permite almacenar 320,000 litros al año. Recordando que anualmente se requieren 49,773 litros de agua para la fabricación del mezcal, al contar con un colector pluvial de estas dimensiones, se tendrá un 84.4% extra de agua, la cual podría ser utilizada para sanitarios o para riego de viveros o campos.

En los sistemas de captación pluvial, la inversión más grande es el recipiente de almacenaje, por lo que se sugiere que se construya una cisterna con capacidad para, al menos, 50,000 litros, de manera que se asegure el agua necesaria para la producción anual de mezcal. Las dimensiones aproximadas de esta cisterna serían 3.7 x 3.7 x 3.7 metros, o bien 5.5 x 3 x 3 metros. Si se pudiera construir una cisterna de mayor volumen, se podría contar con una reserva más grande de agua y aprovechar al máximo la precipitación pluvial. En caso de no querer construir una cisterna, se pueden comprar tinacos comerciales, cuyas capacidades máximas rondan los 25,000 litros, por lo que se requerirían 2 equipos mínimo, con un precio de \$90,000 a \$120,000 cada uno.

En caso de optar por la construcción de la cisterna, existe la posibilidad de hacerla de manera enterrada o superficial. Por reducción de costos y por tratarse de una zona sísmica, se sugiere realizarla de la segunda manera. Una cisterna superficial permitirá evitar gastos de excavación y facilitará el mantenimiento y la reparación, con la desventaja de que ocupará más espacio. Los materiales de construcción pueden ser ferrocemento, cemento, o geomembrana. A continuación, en la Tabla 18 se presentan los costos para los diferentes materiales de almacenamiento, basado en los precios de mercado y en la comparativa de SEMARNAT, IMTA y CONAFOR (2010).

Tabla 18. Materiales de sistemas de almacenamiento, costo por litro aproximado y comentarios, modificado de SEMARNAT, IMTA y CONAFOR (2010).

Material	Costo por litro aproximado (MXN)	Comentarios
Tanque comercial de polietileno	3.60	Instalación rápida, fácil mantenimiento, buena duración del agua en almacenamiento.
Cemento	3.28	Posibles riesgos por grietas. El olor y sabor del agua puede cambiar.
Ferrocemento	1.2	Posibles riesgos por grietas. El olor y sabor del agua puede cambiar.
Geomembrana	0.35	Mayor duración del agua potable en almacenamiento.

Algunas recomendaciones para la instalación del colector pluvial (Adler et al., 2008; SEMARNAT, IMTA, & CONAFOR, 2010) incluyen:

- Impermeabilizar el techo para evitar pérdidas por filtración y problemas de humedad en la fábrica.
- Utilizar tuberías de PVC de 3 a 4.5 pulgadas de diámetro.
- Utilizar canaletas de lámina galvanizada grado sanitizante doblada en forma de “U” calibre 26 o superior.

- Utilizar abrazaderas. Las suficientes para poner una cada 50 centímetros a todo lo largo de la canaleta y una en cada extremo. También considerar las suficientes para fijar a la pared el bajante y la tubería de conducción.
- Utilizar un embudo de lámina galvanizada en el que su parte más ancha pueda conectarse con el extremo de la canaleta. El cono inferior del embudo no deberá ser de menos de 3 pulgadas de diámetro. También se puede utilizar como embudo una reducción de PVC de 4" x 3" o un garrafón cortado, colocando el extremo más ancho en la parte superior.
- Las canaletas horizontales deberán colocarse con una inclinación del 2% al 4% de la entrada de agua del techo al tubo de bajada.
- Para el sellado de las juntas entre tubos y conexiones u otros, los silicones suelen ser los más apropiados por su facilidad de aplicación y rápido secado.
- Las entradas y salidas de las tuberías deberán contar con rejillas que eviten el ingreso de roedores u otros animales, sin interrumpir el paso del agua. Las rejillas también ayudan a evitar obstrucciones por hojas.
- La cisterna debe taparse para evitar mosquitos, polvo, hojas y basura, además de prevenir accidentes.
- Utilizar un filtro de grava para la retención de sólidos.

Para la construcción del sistema de captación de agua de lluvia, se deben seguir los pasos mostrados a continuación (SEMARNAT et al., 2010):

1) Preparación de canaletas:

Los extremos de la canaleta deberán estar cerrados para evitar que se salga el agua. La canaleta deberá ser al menos 20 centímetros más larga que el techo que captará el agua en su lado más bajo (pueden ser varias canaletas unidas entre sí, con las uniones selladas con silicón por la parte externa y traslapadas 10 centímetros). Las canaletas deben quedar suficientemente cerca del borde del techo, para evitar que el agua salpique o caiga fuera de la canaleta.

En el extremo de la canaleta que se fijará en la sección más baja del techo se perfora un agujero del tamaño de la boca del embudo. El embudo se corta de forma curva para que embone con la canaleta. Entre la boca del embudo y el agujero se coloca el rectángulo de malla para cernir o la coladera, y se sella el embudo a la canaleta con silicón para evitar fugas de agua. Esta malla se convierte en una trampa para sólidos (hojas, troncos, etc.) y también evita que entren animales (ratones y aves, entre otros) a la tubería (ver Figura 100)

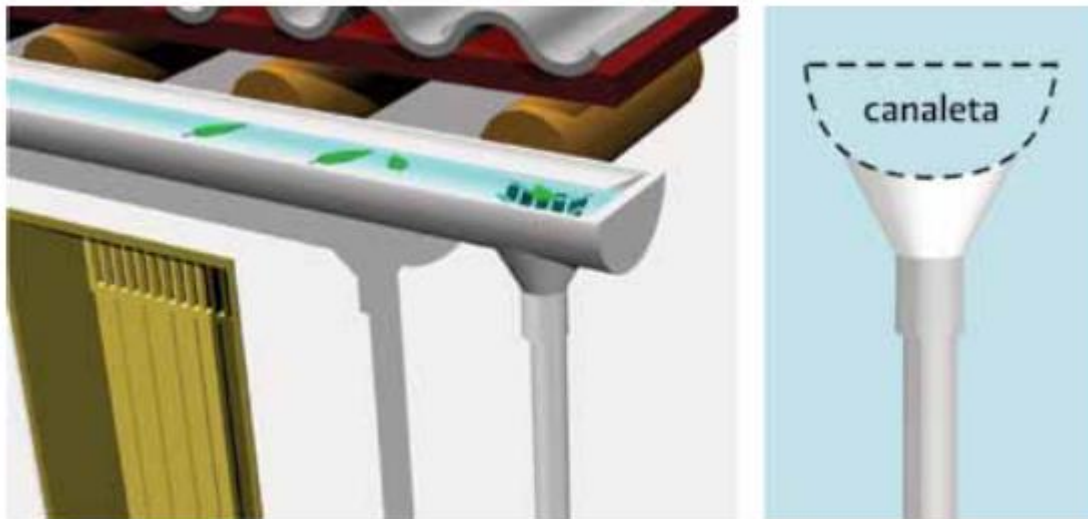


Figura 100. Trampa de sólidos en la canaleta y embudo recortado (SEMARNAT et al., 2010)

2) Instalación de canaletas:

Las canaletas deberán estar sujetas al techo, a la pared o a la viga más próxima por medio de las ménsulas o abrazaderas, de manera que el techo quede volado al menos 5 centímetros dentro de la canaleta (ver Figura 101)

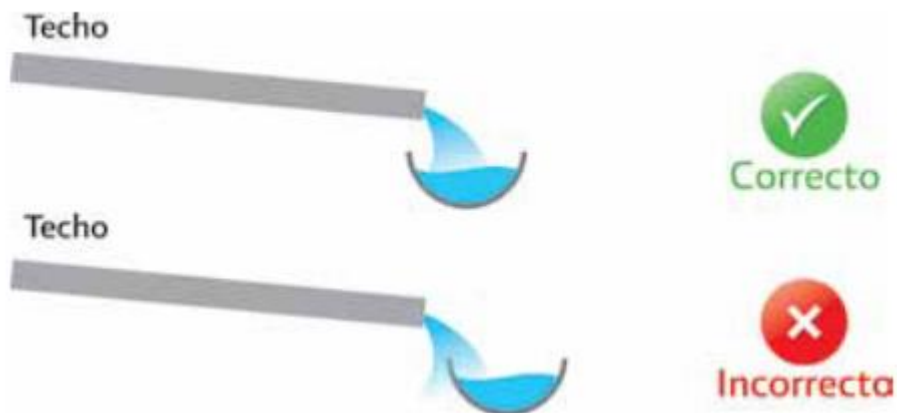


Figura 101. Posición de las canaletas respecto al alero del techo (SEMARNAT et al., 2010)

Es importante que las canaletas tengan una pendiente que permita que el agua escurra hacia el embudo y no se quede estancada en ningún tramo de las mismas. Esto se logra dejando una diferencia de altura de 1 centímetro por cada metro de longitud entre la parte más alta y la más baja de la canaleta al momento de sujetarla al techo, pared o viga. Por ejemplo, una canaleta de 5 metros de longitud tendrá un desnivel de 5 centímetros (ver Figura 102)

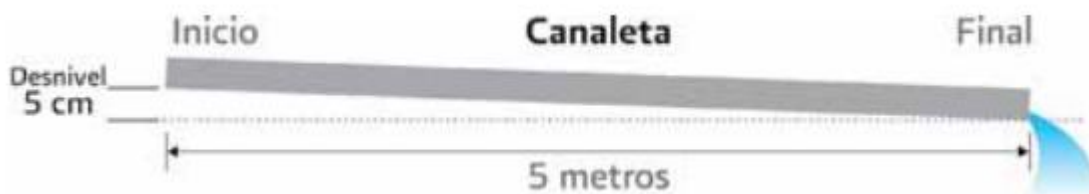


Figura 102. Ejemplo de inclinación de canaleta (SEMARNAT et al., 2010)

3) Instalación del bajante:

El tubo que formará el bajante deberá embonar perfectamente en el embudo y sellarse con silicón para evitar fugas de agua. Para sostener el bajante se utilizarán abrazaderas o ménsulas y deberá sujetarse firmemente a la pared o a una esquina de la casa. Pueden ponerse algunos espaciadores de madera o algún otro material entre el bajante y la pared, esto con la finalidad de alinear el tubo con el embudo y el filtro de grava. El tubo bajante se conecta a la parte inferior del filtro de gravas, como se verá más adelante.

4) Preparación del cuerpo del filtro de grava:

Puede construirse con un bote de plástico, circular, con capacidad de 100 a 200 litros, con tapa. Se realizan dos perforaciones diametralmente opuestas de 3 pulgadas de diámetro en la parte inferior de la pared del bote y se coloca ahí un tramo de tubería de PVC de 3 pulgadas de diámetro, con orificios dobles en la parte que quedará en el interior del bote, de 19 milímetros de diámetro y separados 10 centímetros entre ellos (ver Figura 103).

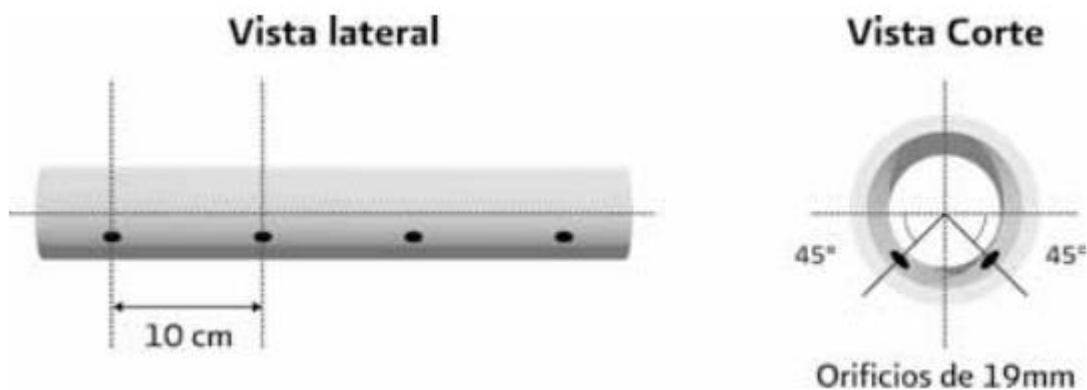


Figura 103. Tubo con orificios para filtro de gravas (SEMARNAT et al., 2010)

En un extremo del tubo (por fuera del bote) se coloca un codo de 90 grados para conectar el tubo bajante y por el lado opuesto (también por fuera del tambo), una válvula o un tapón removible que servirá para extraer los sólidos acumulados. Se sellan ambos extremos a la pared del tambo para evitar fugas. En la parte superior del tambo, 5 centímetros abajo del borde, se hace otra perforación de 3 pulgadas a la pared del tambo para introducir el tubo de PVC que conducirá el agua prefiltrada al tanque o cisterna de almacenamiento. Si lo considera necesario, puede poner una “T” de PVC para poner una llave y aprovechar el agua inmediatamente (ver Figura 104).



Figura 104. Disposición de la grava y el tramo de PVC en el bote (SEMARNAT et al., 2010)

5) Llenado del filtro de grava:

Se coloca dos capas de grava: la capa inferior con piedra de 19 a 25 mm de diámetro y la capa superior con gravilla de 9 a 12 milímetros de diámetro. La capa inferior tendrá un espesor de 20 centímetros y la superior de 40 o 50 centímetros dependiendo de la altura del bote. Se lavan las gravas y se coloca la más gruesa en el fondo del bote sobre el tubo de PVC perforado, y sobre ésta la gravilla hasta llegar a 10 centímetros del borde del bote. Se coloca la tapa del bote para evitar que entren basura, insectos y animales al filtro (ver Figura 105).

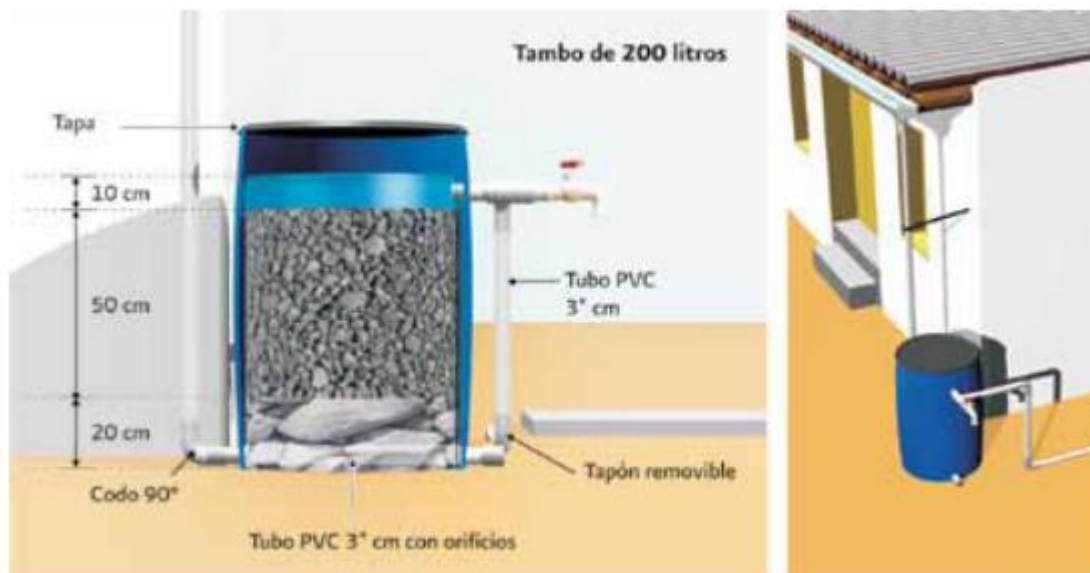


Figura 105. Filtro de grava totalmente armado (SEMARNAT et al., 2010)

Una vez terminada esta instalación, lo único que resta es conectar una tubería de PVC desde el tubo de salida del filtro hasta el depósito de almacenamiento final el cual se recomienda esté a un lado de la fábrica, a nivel del suelo, de tal manera que el agua llegue por gravedad desde el filtro.

11.4.2.2.8. Certificación ante el Consejo Regulador de Mezcal

Contar con la certificación del Consejo Regulador de Mezcal les permite a los productores llamar a su producto “mezcal” al cumplir con todos los requisitos de la denominación de origen y los estudios de autenticación; si no están certificados, el producto solo puede ser llamado “destilado de agave”. A quienes cumplen con la certificación se les otorgan sellos y permisos que avalan el producto auténtico. Esto facilita la entrada a los mercados formales como restaurantes, bares, tiendas de licores, supermercados, entre otros, así como la venta del producto a granel a comercializadores. Al formar parte del CRM también se tiene como ventaja el aparecer en las listas de mezcales autenticados.

A continuación se presenta el procedimiento de certificación para el productor de mezcal y para el envasador de mezcal.

Procedimiento de certificación para productor de mezcal y envasador

1. Realizar la solicitud en línea a través del portal en el siguiente link:
serviciosonline.crm.org.mx/inscripcion/
2. Realizar el depósito correspondiente de las cuotas.
3. Enviar el depósito digitalizado al correo electrónico info@crm.org.mx o entregarlo personalmente en el CRM.
4. Una vez recibida la documentación completa, será analizada y se le notificará la resolución vía correo electrónico.
5. El organismo de certificación a través de la Unidad de Gestión dará revisión y seguimiento a su expediente en un plazo no mayor a 30 días naturales y tendrá que solventar las observaciones si las hubiera en un plazo no mayor a 30 días naturales.
6. Firma del contrato de prestación de servicios como asociado o cliente del CRM.
7. Se programan las visitas de verificación in situ para constatar la infraestructura, entrevistar al productor o envasador y darle seguimiento a una corrida de producción o envasado para dictaminar su Unidad de Producción o Envasado.
8. Se emite Dictamen de cumplimiento con la NOM de instalaciones si cumple con los requisitos para producir o envasar Mezcal; de lo contrario se emite Dictamen de Incumplimiento con la NOM o informe de certificación con las observaciones para que resuelva las No Conformidades.
9. Para el caso del productor, gestiona ante el IMPI la Autorización para el Uso de la Denominación de Origen Mezcal.
10. Se emite Certificado de Productor de Mezcal o Envasador de Mezcal.

11. Se validan como productores o envasadores certificados y se colocan en vigilancia (seguimiento).

12. Durante la vigilancia se emitirá:

- El Certificado NOM de mezcal a granel por lote después de constatar el cumplimiento del apartado 4.3 de la NOM-070-SCFI-2016 a través del informe de resultado de laboratorio.
- El Certificado NOM para venta nacional o para exportación, por lo que deberá notificar el envasado y entrega de hologramas del lote a envasar a través de la plataforma CRM en línea en su panel de asociado/cliente asignado el cual se emite a los 5 días hábiles posteriores a la constatación del cumplimiento por la Unidad de Verificación del CRM de la NOM-070-SCFI-2016 incluido la incorporación del holograma de certificación en cada botella.

Documentos para Productor de Mezcal

- Constancia de situación fiscal (RFC) reciente, no mayor a 3 meses de antigüedad.
- Acta Constitutiva notariada e inscrita ante el Registro Público de la Propiedad (en caso de ser persona moral).
- Poder notarial del representante legal de la persona moral.
- Identificación oficial vigente del titular o representante legal.
- Comprobante del domicilio fiscal reciente, no mayor a 3 meses de antigüedad.
- Plano de distribución de la instalación.
- Identificación oficial vigente del Responsable de la Instalación.
- Comprobante de posesión del predio que ocupan las instalaciones (si es propietario, este documento debe estar a nombre de la persona física o moral que se inscribe ante el CRM) o contrato de arrendamiento o comodato.

- Identificación oficial vigente del arrendador y arrendatario (en el caso de no ser propietario de las instalaciones).

En caso de nombrar a una persona autorizada para realizar trámites ante el CRM, anexar:

- Identificación oficial vigente de la persona autorizada.
- Carta de designación de persona autorizada.

Con los documentos anteriores en formato digital PDF iniciará la inscripción del asociado al CRM y la solicitud de certificación, este proceso lo realizará en línea a través del siguiente enlace: <http://serviciosonline.crm.org.mx/inscripcion/>

Infraestructura mínima para Productor de Mezcal

El espacio de producción no tiene un mínimo de metros cuadrados, sin embargo, es deseable que se encuentre delimitado, además es necesario considerar que deben mantener la limpieza y buenas prácticas de manufactura, mantener alejados a los animales de granja y fuentes de polución.

Se debe contar con:

- Área de recepción de Materia Prima: espacio para recibir el maguey que se someterá a proceso. No es necesario que sea techado ni piso firme.
- Área de Pesado: espacio donde se pesarán las piñas del maguey, debiendo tener una báscula de al menos 500 kg. No es necesario que sea techado ni piso firme.
- Área de Cocción: horno de piso, horno de mampostería o autoclave para el cocimiento del maguey. No es necesario que sea techado ni piso firme.
- Área de Maguey Cocido: espacio donde se colocará el maguey cocido que se someterá a molienda. No es necesario que sea techado ni piso firme.

- Área de Molienda: espacio donde se realiza la maceración del maguey cocido con mazo, tahona, desgarradora, tren de molinos o difusor. No es necesario que sea techado ni piso firme.
- Área de Fermentación: espacio donde se encuentran las tinas o tanques para llevar a cabo la fermentación. No es necesario que sea techado ni piso firme.
- Área de Destilación: espacio donde se realiza la destilación de los jugos fermentados en alambiques de caldera de cobre u olla de barro o columnas. No es necesario que sea techado ni piso firme.
- Almacén de Graneles: espacio donde se encuentran los recipientes del mezcal. Es necesario que esté techado y con paredes de acuerdo con los materiales utilizados en la región. No es necesario piso firme.

Equipo mínimo para Productor de Mezcal

- Báscula 500 kg.
- Tanques de almacenamiento de plástico grado alimenticio o acero inoxidable.
- Juego de Alcohóímetros graduados a 20°C: 0-100, 20-40, 40-60, 60-80 % Alc. Vol.
- Termómetro: -10-120 °C.
- Probeta de plástico: 500 ml.
- Tabla de correcciones para grado alcohólico por temperatura a 20°C.
- Bitácora de producción de mezcal

Bitácoras para Productor de Mezcal

- Bitácora de equipos: Indicar los equipos con que cuenta sus instalaciones, así como su número de identificación y capacidades.

- Bitácora de procedencia e inventario de maguey: Indicar el número de producción (tapada), fecha de entradas, número de guía, tipo de maguey empleado en la producción de mezcal (nombre tradicional y el nombre científico), número de piñas o cabezas, peso total del maguey en kg y % ART.
- Bitácora del proceso de elaboración del mezcal: periodo de cocción, nombre tradicional y nombre científico de(l) maguey(es) empleado(s), peso total del maguey en kg, periodo de molienda, numero de recipientes, periodo de formulación y fermentación, volumen total formulado, periodo de destilación volumen de mezcal obtenido, cabezas, colas, así como su % Alc. Vol., número de recipientes, para obtener el balance de materiales.
- Bitácora de Inventarios de mezcal a granel: Se deberá indicar las operaciones adicionales como mezclas, ajuste de contenido alcohólico y muestreos, así como la fecha de entradas, salidas, existencia y balance, entradas (procedencia del mezcal) y de salidas (destino del mezcal), así como número de recipientes, volumen, % de alcohol en volumen, categoría, clase (para las clases madurado en vidrio y añejo indicar la edad en años cumplidos), número de lote, número análisis fisicoquímico e ingredientes.
- Bitácora para elaborar la clase abocado con, destilado con y reproceso: Para el producto que ingresa se deberá indicar la fecha de entrada y concepto, procedencia, volumen, % de alcohol en volumen, categoría, clase, número de lote, tipo de maguey, numero análisis fisicoquímico, ingredientes utilizados y/o actividades adicionales; para el producto elaborado indicar la clase obtenida con el ingrediente, el número de lote, volumen, % Alc. Vol., número de recipientes y destino del mezcal obtenido.
- Bitácora de Maduración: Se deberá indicar la fecha de entrada, salida, existencia y balance, entradas (procedencia del mezcal) y de salidas (destino del mezcal), así como número de recipientes, tipo de recipiente, volumen, % de alcohol en volumen, categoría, clase, edad, número de lote, numero análisis fisicoquímico, así como el registro diario de la temperatura y humedad relativa del espacio de maduración.

- Bitácora de análisis de laboratorio: debe mostrar el análisis de laboratorio y llevar un control de los resultados de laboratorio obtenidos por cada lote antes de realizar la venta del producto.
- Bitácora de recepción de quejas acerca del producto certificado: número de queja, fecha, marca, número de lote, descripción del producto (categoría, clase, volumen, % Alc. Vol., ingredientes o abocantes), detalle de la queja, fecha de atención de la queja, medida correctiva implementada.

Cuotas para Productor de Mezcal

- Inscripción: \$2,000.00
- Anualidad: \$1,500.00
- Dictamen de Cumplimiento con la NOM de Instalaciones por Unidad de Producción y emisión del Certificado de Productor: \$8,400.00
- Gestión para la emisión de la autorización para el Uso de la Denominación de Origen Mezcal ante el IMPI: \$2,950.00
- Emisión de certificado NOM de mezcal a granel: \$700.00
- Viáticos: \$2,200 por día en Puebla, con visita programada en el calendario publicado. De ser un servicio exclusivo fuera del calendario del CRM, el costo es de \$4,500 para Puebla.

NOTA: considerar los gastos por análisis de laboratorio por cada lote, el costo dependerá del laboratorio de su elección (\$2,000 a \$5,000).

Documentos para Envasador de Mezcal

- Constancia de situación fiscal (RFC) reciente, no mayor a 3 meses de antigüedad.
- Acta Constitutiva notariada e inscrita ante el Registro Público de la Propiedad (en caso de ser persona moral).

- Poder notarial del representante legal de la persona moral
- Identificación oficial vigente del titular o representante legal.
- Comprobante del domicilio fiscal reciente, no mayor a 3 meses de antigüedad.
- Plano de distribución de la instalación.
- Identificación oficial vigente del responsable de la instalación.
- Comprobante de posesión del predio que ocupan las instalaciones (si es propietario, este documento debe estar a nombre de la persona física o moral que se inscribe ante el CRM) o contrato de arrendamiento o comodato.
- Identificación oficial vigente del arrendador y arrendatario (en el caso de no ser propietario de las instalaciones).

En caso de nombrar a una persona autorizada para realizar trámites ante el CRM, anexar:

- Identificación oficial vigente de la persona autorizada.
- Carta de designación de persona autorizada.

Con los documentos anteriores en formato digital PDF iniciará la inscripción del asociado al CRM y la solicitud de certificación, este proceso lo realizará en línea a través del siguiente enlace: serviciosonline.crm.org.mx/inscripcion/

Infraestructura mínima para Envasador de Mezcal

El espacio de envasado no tiene un mínimo de metros cuadrados, sin embargo, debe ubicarse en una construcción con techo y paredes de acuerdo con los materiales utilizados en la región y piso firme, su uso debe ser exclusivo para envasadora, no debe funcionar como casa, dormitorio, cocina o comedor, además es necesario considerar que deben mantener la limpieza y buenas prácticas de manufactura, mantener alejados a los animales de granja y fuentes de polución.

- Almacén de Insumos: espacio donde se encuentran las cajas, botellas, tapones, etiquetas, sellos y todo lo necesario para el envasado del mezcal, es necesario que esté techado y con paredes de acuerdo con los materiales utilizados en la región y piso firme.
- Almacén de Graneles: espacio donde se encuentran los recipientes del mezcal, es necesario que esté techado y con paredes de acuerdo con los materiales utilizados en la región, no es necesario piso firme.
- Sistema de Filtrado: proceso donde el mezcal es filtrado para eliminar los sólidos suspendidos, previo al envasado, necesario al menos un filtro de retención de sólidos.
- Área de Envasado: espacio donde se realiza el llenado y taponado de botellas, es necesario contar con al menos una mesa de trabajo específica para ello, es necesario que esté techado y con paredes de acuerdo a los materiales utilizados en la región, piso firme; se permite el envasado a mano debiendo implementar medidas de buenas prácticas de manufactura como son el uso de cofias, cubre bocas, guantes etc.
- Área de Etiquetado: espacio donde se realizará el pegado de las etiquetas y sellos de certificación a la botella, es necesario contar con al menos una mesa de trabajo específica para ello, es necesario que esté techado y con paredes de acuerdo a los materiales utilizados en la región, piso firme; se permite el etiquetado a mano debiendo implementar medidas de buenas prácticas de manufactura como son el uso de cofias, cubre bocas, guantes etc.
- Almacén de Producto Terminado: espacio donde se resguarda el producto que fue filtrado, envasado, taponado y etiquetado, listo para su comercialización, es necesario que esté techado y con paredes de acuerdo con los materiales utilizados en la región, piso firme.
- Área de Aseo del Personal: baño o medio baño con los servicios básicos para mantener la higiene del personal, es necesario que esté techado y con paredes de acuerdo con los materiales utilizados en la región, piso firme y que cuenten con instalaciones hidráulicas.

Equipo mínimo para Envasador de Mezcal

- Tarimas.
- Tanques de almacenamiento de plástico grado alimenticio o acero inoxidable.
- Bomba de ½ pulgada para productos alimenticios.
- Todas las mangueras deberán ser grado alimenticio.
- Juego de Alcoholímetros graduados a 20°C: 0-100, 20-40, 40-60, 60-80 % Alc. Vol.
- Termómetro: -10-120 °C.
- Probeta de plástico: 500 ml.
- Tabla de correcciones para grado alcohólico por temperatura a 20°C.
- Bitácora de envasado.

Bitácoras para Envasador de Mezcal

- Bitácora de equipos: Indicar los equipos con que cuenta sus instalaciones, así como su número de identificación y capacidades.
- Bitácora de Inventarios de mezcal a granel:: Se deberá indicar las operaciones adicionales como mezclas, ajuste de contenido alcohólico y muestreos, así como la fecha de entradas, salidas, existencia y balance, entradas (procedencia del mezcal) y de salidas (destino del mezcal), así como número de recipientes, volumen, % de alcohol en volumen, categoría, clase (para las clases madurado en vidrio y añejo indicar la edad en años cumplidos), número de lote, número análisis fisicoquímico e ingredientes.
- Bitácora de Maduración: Se deberá indicar la fecha de entrada, salida, existencia y balance, entradas (procedencia del mezcal) y de salidas (destino del mezcal), así como número de recipientes, tipo de recipiente, volumen, % de alcohol en volumen, categoría,

clase, edad, número de lote, numero análisis fisicoquímico, así como el registro diario de la temperatura y humedad relativa del espacio de maduración.

- Bitácora de producto envasado y producto terminado: registrar la fecha, capacidad de botella, contenido de botellas por caja, marca, número de lote a granel a envasar, número de cajas, numero de botellas, % Alc. Vol., número de lote de envasado, categoría, clase (para las clases madurado en vidrio y añejo indicar la edad en años cumplidos), ingrediente, número de análisis fisicoquímico, mermas, fecha y concepto de entradas (procedencia del mezcal) y salidas de producto (destino del mezcal envasado), para el balance de materiales.
- Bitácora de análisis de laboratorio: Debe mostrar el análisis de laboratorio y llevar un control de los resultados de laboratorio obtenidos por cada lote antes de realizar la venta del producto.
- Bitácora para elaborar la clase abocado con, destilado con y reproceso: Para el producto que ingresa se deberá indicar la fecha de entrada y concepto, procedencia, volumen, % de alcohol en volumen, categoría, clase, número de lote, tipo de maguey, numero análisis fisicoquímico, ingredientes utilizados y/o actividades adicionales; para el producto elaborado indicar la clase obtenida con el ingrediente, el número de lote, volumen, % Alc. Vol., número de recipientes y destino del mezcal obtenido.
- Bitácora de inventario de hologramas de Certificación: registrar entradas, salidas (lote, marca, categoría, clase y presentación del producto en el que se usen), y mermas de los hologramas de Certificación.
- Bitácora de recepción de quejas acerca del producto: número de queja, fecha, marca, número de lote, descripción del producto (categoría, clase, volumen, % Alc. Vol., ingredientes o abocantes), detalle de la queja, fecha de atención de la queja, medida correctiva implementada.

Cuotas para Envasador de Mezcal

- Inscripción: \$5,000.00
- Primera anualidad: \$5,000.00, a partir del segundo año, la cuota anual es de \$2,000.00
- Dictamen de Cumplimiento con la NOM de Instalaciones por Unidad de Envasado y emisión del Certificado de envasador: \$8,400.00
- Viáticos: \$2,200 por día en Puebla, con visita programada en el calendario publicado. De ser un servicio exclusivo fuera del calendario del CRM, el costo es de \$4,500 para Puebla.

NOTA: considerar los gastos por análisis de laboratorio por cada lote, el costo dependerá del laboratorio de su elección (\$2,000 a \$5,000).

Vigilancia a la certificación (seguimiento)

Una vez certificado cada eslabón queda sujeto a las visitas de inspección permanente por los verificadores acreditados por el CRM. Dentro de estas visitas se verifican los registros de producción, envasado o comercialización (bitácoras) y se constata la trazabilidad y autenticidad del producto, es decir, que no haya sido adulterado en ninguna etapa del proceso. Lo anterior mediante inspecciones in situ, muestreo de maguey, análisis de ART, revisión de bitácoras, balance de materiales, muestreo de producto, análisis de laboratorio, sellado para resguardo de producto, inspección de maduración, reposo y añejamiento, verificación de traslados de producto, inspección del envasado y etiquetado, verificación del sello de certificación (holograma). Adicionalmente el CRM realiza inspecciones en puntos de venta y aduanas.

Cuotas de verificación

- Visita de verificación: \$2,200 por día en Puebla, con visita programada en el calendario publicado.
- Litro producido referido a 45% Alc. Vol.: \$0.40 a \$0.60
- Litro real envasado: \$0.40 a \$0.60

- Sello de Certificación Holográfico: \$0.88

11.4.3. Comercializador

11.4.3.1. Análisis FODA



Figura 106. Análisis FODA para comercializador de mezcal

11.4.3.2. Estrategias propuestas

11.4.3.2.1. Cálculo del precio real

En la etapa de diagnóstico se encontró que los maestros mezcaleros de San Diego la Mesa Tochimiltzingo desconocen cuáles son los costos exactos de fabricar su producto. Se observó que los precios de venta son asignados arbitrariamente, ya que los productores expresaron no saber cuánto dinero ganan por litro vendido, y que a ellos “no les cuesta dinero hacer el mezcal”,

pues afirman que todo el trabajo lo realizan personalmente, desde el jimado hasta la comercialización. La realidad es que cada mezcalero invierte horas enteras de su día, las cuales deben ser contabilizadas y expresadas monetariamente, para poder calcular el costo real del producto fabricado. De igual forma se deben considerar los costos de servicios y materias primas, aunque sean obtenidas del medio silvestre.

En la siguiente tabla se muestra el precio de venta actual de un litro de mezcal en San Diego la Mesa Tochimiltzingo y el costo real de fabricarlo, tanto para el mezcal espadín como el mezcal tobalá, ambos en sus presentaciones a granel y embotellado. En la última columna se muestra la ganancia real, calculada como precio de venta menos costo de fabricación.

Tabla 19. Comparación entre precios de venta actuales contra costos reales de fabricación de mezcal

Tipo de mezcal	Precio de venta actual (\$/litro)	Costo real de fabricación (\$/litro)	Ganancia real (\$/litro)
Espadín a granel	\$120		
Tobalá a granel	\$200		
Espadín embotellado	\$300		
Tobalá embotellado	\$350		

Al conocer el costo de producción y la ganancia real de un litro de mezcal, se puede asignar un precio de venta que verdaderamente refleje el trabajo del productor.

11.4.3.2.2. Alianzas para tours y comercio de mezcal

El municipio de San Diego la Mesa Tochimiltzingo se encuentra a 19 km, aproximadamente 35 minutos en auto, de Atlixco, “Pueblo Mágico” de gran popularidad para visitar los fines de semana, al cual acuden personas de la capital de Puebla y alrededores, principalmente para comer en restaurantes locales. Esto resulta de gran ventaja para los maestros mezcaleros, pues tienen una enorme oportunidad de comercializar sus productos en esta zona de turismo local.

Actualmente, San Diego la Mesa Tochimiltzingo cuenta con un tour creado recientemente en el año 2019, el cual consiste en diferentes paquetes para visitar los viveros, las fábricas y las mezcalerías del municipio, incluyendo degustaciones de mezcales y alimentos. Se observa en la Figura 107 que los recorridos no incluyen el traslado hasta San Diego la Mesa Tochimiltzingo. Esto podría desincentivar al turista, pues el municipio no es de fácil acceso, ya que los caminos no están habilitados ni señalizados para este tipo de actividades. Esto podría solucionarse al crear alianzas con proveedores de servicios turísticos en Atlixco, quienes podrán facilitar a los turistas el transporte hasta el municipio en cuestión. Este tipo de alianzas permitirían a su vez aumentar la difusión de los tours, al incluirse en el catálogo de las agencias turísticas.

RECORRIDOS
San Diego la Mesa
Tochimiltzingo
Mezcalerías oficiales:
Tepehuanazo, Zinacantán,
Herencia mixteca!



RUTA AGUAMIEL

\$275 pesos/persona - Duración : 3 horas

Incluye:

Visita a Fábrica, visita a plantío y vivero. Recorrido por 3 mezcalerías y una degustación del mezcal de su preferencia por mezcalería. (40ml/degustación)
 Maridaje simple, botana y agua fresca

RUTA VENENCIA

\$355 pesos/ persona - Duración : 4 horas

Incluye:

Visita a Fábrica, visita a plantío y vivero. Recorrido por 3 mezcalerías y una degustación del mezcal de su preferencia por mezcalería. (40ml/degustación)
 Maridaje simple, botana y agua fresca
 Comida típica de la región (platillo principal y postre)

Ruta la perla (Temporada de producción)

\$400 pesos/ persona - Duración : 5 horas

Incluye:

Visita a Fábrica, (degustación bienvenida recién destilado)
 Visita a plantío y vivero. Recorrido por 3 mezcalerías y una degustación del mezcal de su preferencia por mezcalería. (40ml/degustación)
 Maridaje simple, botana y agua fresca
 Comida típica de la región (platillo principal y postre)

*Los recorridos no incluyen el traslado hasta San Diego la Mesa Tochimiltzingo.

*Solo pago en efectivo-No se reciben tarjetas de crédito ni débito. No hay cajeros.

Separa tu ruta: Whatsapp: +1 805 -433 9287 - 244 123 6602

Figura 107. Recorridos turísticos con los que cuenta San Diego la Mesa Tochimiltzingo

Como parte de la estrategia de difusión, se sugiere que el municipio busque los apoyos de la Secretaría de Cultura y de la Secretaría de Desarrollo Rural, quienes suelen impulsar este tipo de iniciativas, como lo han hecho con el “Festival de los Productores Mezcaleros” que se realiza cada año en noviembre (ver Figura 108).



Figura 108. Cartel del 5to Festival de Productores Mezcaleros, apoyado secretarías de cultura y de desarrollo rural

Para la comercialización directa del mezcal, se pueden formar alianzas con restaurantes y bares de Atlixco que busquen ofrecer a sus clientes experiencias regionales, artesanales y culturales. Se pueden crear contratos de venta, evitando en lo posible los intermediarios, para que las ganancias puedan ser en su mayoría para el maestro mezcalero.

11.4.3.2.3. Certificación ante el Consejo Regulador del Mezcal

El último eslabón de la cadena del mezcal es el comercializador del producto, el cual cuenta con una serie de requisitos presentados a continuación. Al contar con la certificación del destilado, el producto es oficialmente nombrado “mezcal” y puede comercializarse en puntos de venta formales y de mayor prestigio en el mercado.

Procedimiento de certificación para Comercializador de Mezcal

1. Realizar la solicitud en línea a través del portal en el siguiente link serviciosonline.crm.org.mx/inscripcion/
2. Realizar el depósito correspondiente de las cuotas.
3. Enviar el depósito digitalizado al correo electrónico info@crm.org.mx o entregarlo personalmente en el CRM.
4. Una vez recibida la documentación completa, será analizada y se le notificará la resolución vía correo electrónico.
5. El organismo de certificación a través de la Unidad de Gestión dará revisión y seguimiento a su expediente en un plazo no mayor a 30 días naturales y tendrá que solventar las observaciones si las hubiera en un plazo no mayor a 30 días naturales.
6. Firma del contrato de prestación de servicios como Asociado o cliente del CRM.
7. Se evalúa la marca registrada y documentación ingresada para emitir la Constancia de comercializador y los siguientes informes:
 - a. Informe Jurídico.

- b. Informe Fiscal.
- c. Informe Marcario.
- d. Informe de Cumplimiento Normativo.

Se le notificará la resolución de la revisión documental vía correo electrónico.

- 8. En caso de contar con bodega o almacén, se programan las visitas de verificación in situ para constatar la infraestructura.
- 9. Se solicita a la Unidad de Gestión su stock de hologramas por cada marca.
- 10. Se valida como comercializador certificado y se coloca en vigilancia (seguimiento).
- 11. Durante la vigilancia se emitirá:

o el Certificado NOM de mezcal a granel por lote después de constatar el cumplimiento del apartado 4.3 de la NOM-070-SCFI-2016 a través del informe de resultado de laboratorio.

o el Certificado NOM para venta nacional o para exportación, por lo que deberá notificar el envasado y entrega de hologramas del lote a envasar a través de la plataforma CRM en línea en su panel de asociado/cliente asignado el cual se emite a los 5 días hábiles posteriores a la constatación del cumplimiento por la Unidad de Verificación del CRM de la NOM-070-SCFI-2016 incluido la incorporación del holograma de certificación en cada botella.

NOTA 1: en el caso de que un productor desee formar parte de todos los eslabones de la cadena productiva, en inscripción y anualidad pagará únicamente las cuotas del comercializador.

NOTA 2: Los casos no previstos en este documento, serán atendidos por la Unidad de Gestión.

Documentos para Comercializador de Mezcal

- Constancia de situación fiscal (RFC) reciente, no mayor a 3 meses de antigüedad.
- Formato 32-D Opinión de cumplimiento de obligaciones Fiscales del SAT reciente, no mayor a 3 meses de antigüedad.

- Identificación oficial vigente del Titular (persona física) o Representante Legal (persona moral).
- Acta Constitutiva notariada e inscrita ante el Registro Público de la Propiedad, (en caso de ser persona moral).
- Poder notarial del representante legal de la persona moral
- Comprobante del Domicilio Fiscal reciente, no mayor a 3 meses de antigüedad.
- Aviso de funcionamiento COFEPRIS.
- Constancia de inscripción al Padrón de Bebidas Alcohólicas.
- Constancia de alta o inscripción en el Padrón de Exportadores Sectorial del SAT (en caso de ser exportador).
- Juegos de etiquetas (en formato PDF y tamaño real, con resolución mayor a 300 DPI, en hojas tamaño carta u oficio).
- Título de la marca (en caso de ser el propietario, este documento debe estar a nombre de la persona física o moral que se inscribe ante el CRM).
- Comprobante de trámite de marca (en caso de que su marca este en trámite).
- Carta Responsiva de trámite (en caso de que su marca este en trámite).
- Licencia de uso o cesión de derechos (en caso de no ser el propietario de la marca).
- Convenio de corresponsabilidad inscrito ante el IMPI entre el comercializador y un productor autorizado, y copia de expediente de trámite.
- Contrato Maquila con el envasador.

En caso de contar con instalaciones de bodega, anexar:

- Plano de Distribución de la instalación.

- Identificación Oficial del Responsable de la Instalación.
- Comprobante de posesión del predio que ocupa la instalación (si es propietario, este documento debe estar a nombre de la persona física o moral que se inscribe ante el CRM) o Contrato de arrendamiento o comodato.
- Identificación oficial del arrendador y arrendatario (en caso de no ser propietario).

En caso de nombrar a una persona autorizada para realizar trámites ante el CRM, anexar:

- Identificación oficial vigente de la persona autorizada.
- Carta de designación de persona autorizada.

Con los documentos anteriores en formato digital PDF iniciará la inscripción del asociado al CRM y la solicitud de certificación, este proceso lo realizará en línea a través del siguiente link serviciosonline.crm.org.mx/inscripcion/

Infraestructura mínima para Comercializador de Mezcal

Almacén de producto terminado: Espacio donde se guarda el producto que fue entregado por el envasador y listo para su comercialización (no es obligatorio pudiendo convenir con el envasador que el producto se guarde en la envasadora).

Equipo mínimo para Comercializador de Mezcal

- Tarimas
- Bitácora de comercializador

Cuotas para Comercializador de Mezcal

- Inscripción: \$10,000.00

- Primera anualidad: \$10,000.00, a partir del segundo año, la cuota anual es de \$2,000.00
- Dictamen de cumplimiento con la NOM de Instalaciones por unidad de almacén en caso de tenerlo o por cada marca y emisión del Certificado de Comercializador: \$8,400.00
- Gestión para la Inscripción del convenio de corresponsabilidad ante el IMPI: \$2,950.00
- Emisión de certificado NOM para venta Nacional: \$700.00
- Emisión de certificado NOM para exportación: \$600.00
- Viáticos: \$100.00 en caso de encontrarse en una Ruta de Verificación de lo contrario se calculará de acuerdo a la zona.

NOTA: considerar los gastos por análisis de laboratorio por cada lote, el costo dependerá del laboratorio de su elección.

Capítulo XII. Conclusiones

En San Diego La Mesa Tochimiltzingo, el área de oportunidad principal es la falta de agave para la elaboración del mezcal, debido al uso excesivo de técnicas de extracción silvestre, aunado a la poca capacitación para realizar siembras y las nulas técnicas de reforestación. Se exhibe la necesidad de aumentar la cantidad de plantaciones de agave para contar con materia prima asegurada para cumplir con la demanda del destilado, y al mismo tiempo reducir el jimado de especímenes silvestres, contribuyendo a su conservación.

Se encontró que en la comunidad existen 4 fábricas de mezcal artesanal con un total de 88 productores. Se realizó el mapeo del proceso de producción completo.

Resultado de los talleres participativos con los productores de 3 de las 4 fábricas, se observa que la problemática principal es la escasez de agave como materia prima.

Sobre las prácticas de manejo, se encontró que el 94% de los mezcaleros extrae agave silvestre y realiza prácticas de capado, interrumpiendo la propagación de la planta. El resto ha comenzado a sembrar en los últimos 5 años, pero manifiesta falta de capacitación en siembra y cuidados del maguey.

Para conocer la estructura poblacional y el estado de conservación del agave silvestre, se analizó un cuadrante de 65 por 20 metros en la zona conservada de la Reserva Estatal Sierra del Tentzo, dentro del cual se encontraron 60 *A.angustifolia*, y ningún *A.potatorum*. Se observó que las agrupaciones de plantas se conforman por diversas edades, signo de un ecosistema saludable. Por otra parte, se halló evidencia de extracción de 9 plantas en todo el cuadrante, lo cual representa una pérdida de al menos 18,000 semillas (Torres *et al.*, 2013). La densidad poblacional calculada es de 460 ind/ha, la cual es baja al compararse con la literatura en la cual se registran densidades de 1080 a 1340 ind/ha (Cervera, 2018; Delgado-Lemus, 2008; Torres, 2009), es decir, en promedio 60% por debajo de la reportada en la literatura. Esto podría indicar una sobreexplotación aún en las zonas de conservación. No se hallaron individuos de *A.*

potatorum. Esto indica una posible sobreexplotación del recurso y refuerza la necesidad de una estrategia para la conservación del agave en la región.

En cuanto al estudio de germinación en diferentes condiciones , con un total de 300 semillas para cada especie, se encontró que los experimentos que resultaron en mayor porcentaje de germinación para el *A.angustifolia* fueron los ubicados en el vivero de policarbonato, con un promedio de 60%, seguido del vivero de malla sombra con 22% y a cielo abierto con 13% de semillas germinadas. Por otra parte, para el *A.potatorum*, los porcentajes promedio de germinación fueron mayores para el vivero de malla sombra con 41%, seguido del de policarbonato con 35% y finalmente a cielo abierto con 12%.

Se observó que las plántulas crecieron con mayor velocidad en el vivero de policarbonato, para ambas especies de agave. Al analizar las variables de humedad y temperatura se observa que no hay un diferencial importante, por lo que se cree que el factor decisivo es la cantidad de luz, siendo la más desfavorable a cielo abierto, con 100% luz y la más favorable para policarbonato con 40% luz, seguido de malla sombra con 20% luz.

En cuanto a los porcentajes de supervivencia, para el *A.angustifolia* se tuvo un promedio del 100% para los viveros de malla sombra y policarbonato, y del 58% a cielo abierto. Por otra parte, para el *A.potatorum*, se tuvieron porcentajes de supervivencia mayores en el vivero de policarbonato con un promedio del 100%, seguido de malla sombra con 89%, y a cielo abierto con 70%.

La única diferencia hallada entre los tipos de charola utilizados fue la facilidad de trasplante y el cuidado de las raíces, favorable para los agaves sembrados en cavidades.

Los experimentos para determinar las condiciones más adecuadas para la propagación de semillas de agave en vivero demostraron que el factor decisivo es la incidencia de la luz, obteniendo un mayor porcentaje de germinación y de supervivencia, así como un desarrollo más rápido, en los agaves expuestos a 40% de luz, seguido del 20% de luz que igualmente arrojó resultados positivos, y descartando por completo los experimentos a cielo abierto, donde las plántulas sufrieron sobreexposición al sol, atrofiando su crecimiento o causando su muerte. Por

sus costos accesibles, se propone utilizar malla sombra del 60%. En cuanto al tipo de siembra, se sugiere utilizar charolas de cavidades para reducir el estrés en las plántulas al trasplantarlas, puesto que sus raíces se maltratan menos que en las charolas planas sin cavidades.

La implementación de las estrategias propuestas para cada uno de los eslabones de la cadena agave-mezcal permitirán encaminarse hacia un proceso de elaboración sustentable del mezcal, a través de toda su cadena de valor, desde el cultivo de maguey hasta la comercialización del destilado. Es de vital importancia organizarse como comunidad para tener éxito.

Capítulo XIII. Referencias

- Adler, I., Carmona, G., & Bojalil, A. (2008). Manual de Captacion de Aguas de Lluvia para Centros Urbanos. *International Renewable Resources Institute Mexico*, 1–47. Retrieved from <http://www.pnuma.org/recnat/esp/documentos/MANUALDECAPTACION> oct 2008.pdf
- Aguilar, D., & Rodríguez, J. L. (2018). Micropropagación y aclimatación de Maguey Pitzometl (Agave marmorata Roezl) en la Mixteca Poblana. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(2), 124–131. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n2.77084>
- Ayvar, S., Díaz, J., & Romero, O. (2017). *El cultivo de agave mexicano para la producción de mezcal*. Editorial Académica Española.
- Baena, A., Alpuche, A., & Flores, J. (2005). *Aprovechamiento del Bagazo de Maguey Verde (Agave Salmiana) de la Agroindustria del Mezcal en San Luis Potosí para la Producción de Hongo Ostra (Pleurotus ostreatus)*. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.
- Baraza, E., & Estrella-Ruiz, J. P. (2008). Manejo sustentable de los recursos naturales guiado por proyectos científicos en la mixteca poblana mexicana. *Ecosistemas*, 17(2), 3–9.
- Bautista, J. A., & Smit, M. A. (2012). Sustentabilidad y agricultura en la “región del mezcal” de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(1), 5–20. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i1.1477>
- Cervera Herrera, J. C., Leirana-Alcocer, J. L., & Alberto, J. A. N. (2018). Environmental factors associated with the cover of Agave angustifolia (Asparagaceae) in the coastal scrubland of Yucatán, Mexico. *Acta Botanica Mexicana*, 2018(124), 75–84. <https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1252>
- Chairez-Aquino, J., Enríquez del Valle, J. R., Ruíz-Luna, J., Campos-Ángeles, G. V., & Martínez-García, R. (2015). USO DEL BAGAZO DE Agave spp Y HOJAS DE MAÍZ PARA CULTIVAR EL HONGO Pleurotus ostreatus. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2(1), 23–28.
- Chávez-Guerrero, L., & Hinojosa, M. (2010). Bagasse from the mezcal industry as an alternative renewable energy produced in arid lands. *Fuel*, 89(12), 4049–4052. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.07.026>
- CONABIO. (2012). FICHAS TÉCNICAS DE LOS AGAVES DE OAXACA. *Comisión Nacional Para El Conocimiento y Uso de La Biodiversidad*, 1–46.
- CONADESUCA, & SAGARPA. (2016). *Vinazas: Alternativas De Uso*. Retrieved from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171932/Nota_Informativa_Septiembre_Vinazas.pdf
- Consejo Regulador del Mezcal. (2015). Denominación de Origen Mezcal. *Consejo Regulador Del Mezcal*. Retrieved from <http://www.crm.org.mx/index.php>
- Consejo Regulador del Mezcal. (2017). Quiénes somos. Retrieved from http://www.crm.org.mx/Quienes_Somos.php
- Consejo Regulador del Mezcal. (2019). El Crecimiento del Mezcal 2018, Resumen del Informe Estadístico. *El Mezcal: La Cultura Líquida de México*, 10–19.

- Consejo Regulador del Mezcal. (2020). Manual básico para inscripción y certificación ante el CRM por cada eslabón de la cadena productiva.
- Corbin, K. R., Byrt, C. S., Bauer, S., Debolt, S., Chambers, D., Holtum, J. A. M., ... Burton, R. A. (2015). Prospecting for energy-rich renewable raw materials: Agave leaf case study. *PLoS ONE*, 10(8), 1–23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135382>
- Crespo, M. R., González, D. R., Rodríguez, R., Rendón, Alberto, L., Del Real, I., & Torres, J. (2013). Evaluación de la composta de bagazo de agave como componente de sustratos para producir plántulas de agave azul tequilero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(8), 1161–1173. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n8/v4n8a4.pdf>
- Delgado-Lemus, A. (2008). *Aprovechamiento y disponibilidad espacial de Agave potatorum en San Luis Atolotlán, Puebla, México*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- DOF. (2015). RESOLUCIÓN por la que se modifica la Declaración General de Protección de la Denominación de Origen Mezcal. *Diario Oficial de La Federación*, 1–6. Retrieved from http://www.crm.org.mx/PDF/NOM070/DOF241215_DOM_Puebla.pdf
- Estrada, J., & Rodríguez, C. (2016). *Fabricación de mampuestos aligerados con bagazo de caña de azúcar*. Universidad de la Gran Colombia. <https://doi.org/10.5151/cidi2017-060>
- García-Mendoza, A. J. (2010). Revisión taxonómica del complejo Agave potatorum Zucc. (Agavaceae): nuevos taxa y neotipificación. *Acta Botanica Mexicana*, 91, 71–93. <https://doi.org/10.21829/abm91.2010.292>
- Geilfus, F. (2009). *80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Gobierno Constitucional del Estado de Puebla. (2011). Decreto del Ejecutivo del Estado, por el que se expide la Declaratoria del Área Natural Protegida de Jurisdicción Estatal en su modalidad de Reserva Estatal, la zona denominada “Sierra del Tentzo.” *Periódico Oficial*, 12.
- Gobierno del Estado de Puebla. (2014). *Plan de Desarrollo Municipal de San Diego La Mesa Tochimiltzingo, Puebla 2014-2018*. Retrieved from <http://planeader.puebla.gob.mx/pdf/planes/ayuntamiento/121.pdf>
- Gómez, A., Caballero, M., & Hernández, L. (2014). *PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE BAGAZO Y VINAZA DEL Agave angustifolia Haw GENERADA COMO RESIDUO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCAL*. Instituto Politécnico Nacional.
- Gurrola, D., Herrera, J., & Hernández, V. (2016). *Aprovechamiento Integral Del Bagazo De Agave Mezcalero Cocido Para Su Uso En La Agricultura Y Ganadería*. Instituto Politécnico Nacional.
- Hernández, J. (2014). *La jornalерización en el paisaje agavero. Actividades simples, organización compleja*. México: Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social.
- Hernández, J. de J. (2018). El mezcal como patrimonio social: de indicaciones geográficas genéricas a denominaciones de origen regionales. *Em Questão*, 24(2), 404–433. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.19132/1808-5245242.404-433> |

- Illsley, C., Gómez, T., Rivera, G., Morales, M., García, J., Ojeda, A., ... Mancilla, N. (2005). Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. V028: Conservación in situ y manejo campesino de magueyes mezcaleros. *Grupo de Estudios Ambientales AC*.
- INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: San Diego la Mesa Tochimiltzingo, Puebla. Clave geoestadística 21121. *Instituto Nacional de Geografía y Estadística*, 1–9.
- Leonor, R., Omen, R., Martínez, C. A., & Velasco, S. M. (2013). EVALUACIÓN DE RESIDUOS AGRÍCOLAS COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus*. *Luna Azul*, 2(37), 89–100. <https://doi.org/10.17151/luaz.2013.37.7>
- Martínez-Gutiérrez, G. A., Ñíguez-Covarrubias, G., Ortiz-Hernández, Y. D., López-Cruz, J. Y., & Bautista-Cruz, M. A. (2013). Tiempos de apilado del bagazo del maguey mezcalero y su efecto en las propiedades del compost para sustrato de tomate. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 29(3), 209–216.
- Martínez, M. L., Eliche, D., Cruz, N., & Corpas, F. A. (2012). Utilización de bagazo de la industria cervecera para la producción de ladrillos para construcción. *Materiales de Construcción*, 62(306), 199–212. <https://doi.org/10.3989/mc.2012.63410>
- Morán-Salazar, R., Sánchez-Lizárraga, A., Rodríguez-Campos, J., Dávila-Vázquez, G., Marino-Marmolejo, E., Dendooven, L., & Contreras-Ramos, S. (2016). Utilization of vinasses as soil amendment: consequences and perspectives. *SpringerPlus*, 5(1), 1007.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz, Bolivia: Editora El País.
- Narváez, A. U., Martínez, T., & Jiménez, M. (2016). El cultivo de maguey pulquero: opción para el desarrollo de comunidades rurales del altiplano mexicano. *Revista de Geografía Agrícola*, (56), 33–44. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2016.56.005>
- Ordaz, L., Madrid, M., Rodríguez, F., & Bailón, A. (2019). APROVECHAMIENTO DE LOS SUBPRODUCTOS VALIOSOS DE LA INDUSTRIA DEL MEZCAL EN DURANGO. *Revista Ciencia Administrativa*, 1(1), 12–21.
- Ortega, G. (2009). Agroecología vs. Agricultura Convencional. *Base Investigaciones Sociales*, 24. Retrieved from <http://www.baseis.org.py/wp-content/uploads/2014/03/1395155082.pdf>
- Pérez, A., Rodríguez, A., Nieto, J., Callejas, J., & Portillo, L. (2017). *Comparación de dos sistemas de siembra de maguey (Agave salmiana)*. *Univerisdad Politécnica de Francisco I. Madero*.
- Plascencia, M. F., & Peralta, L. M. (2018). Análisis histórico de los mezcales y su situación actual, desde una perspectiva ecomarxista. *Eutopía Revista de Desarrollo Económico Territorial*, (14), 23–42.
- Pozo, C. (2011). *Aprovechamiento Del Bagazo De Caña De Azúcar En La Fabricación De Bloques Ecológicos Para Mampostería Liviana. Tesis De Grado*. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- Robles-González, V., Galíndez-Mayer, J., Rinderknecht-Seijas, N., & Poggi-Varaldo, H. M. (2012).

- Treatment of mezcal vinasses: A review. *Journal of Biotechnology*, 157(4), 524–546.
<https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2011.09.006>
- Rodríguez, S., Vergara, M., Ramos, J., & Sainz, C. (2002). *Germinación y Manejo de Espesies Forestales Tropicales*. CONAFOR-CONACYT.
- Rosales, S., Sigala, J. Á., & Bustamante, V. (2013). *Producción y trasplante de planta de Agave en vivero*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (Vol. 70). Durango.
- Ruiz, M., Estrada, R., Pérez, J., & Aguiluz, J. (2019). *Conformación de bloques de adobe con residuos de agave “ Angustifolia Haw ”. Estrategia para el desarrollo local sustentable en Santa María La Asunción , Zumpahuacán , Estado de México*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial. (2011). *PROGRAMA DE MANEJO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA RESERVA ESTATAL SIERRA DEL TENTZO*.
- Secretaría de Desarrollo Rural Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial. (2013). Área Natural Protegida Reserva Estatal Sierra del Tentzo.
- Secretaría de Economía. (2015). Denominaciones de Origen #OrgulloDeMéxico. Retrieved from <https://www.gob.mx/se/articulos/denominaciones-de-origen-orgullodemexico>
- Secretaría de Economía. (2017). Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas Alcohólicas-Mezcal-Especificaciones. *Diario Oficial de La Federación*. Retrieved from http://www.crm.org.mx/PDF/NOM070/NOM-070-SCFI-2016.pdf%0Ahttp://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5472787&fecha=23/02/2017
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-005-SEMARNAT-2012, Que establece los criterios para realizar el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales no maderables existentes en los ecosistemas forestales; bosques de clima templado frío, selv. *Diario Oficial de La Federación*.
- SEMARNAT, IMTA, & CONAFOR. (2010). Sistema de captación, almacenamiento y purificación de agua de lluvia. *Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico*.
- Torres, I. (2009). *Dinámica poblacional de dos morfos de Agave potatorum Zucc. en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán: Bases para su manejo sustentable*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11655.60327>
- Torres, I., Casas, A., Delgado-Lemus, A., & Rangel-Landa, S. (2013). Aprovechamiento, demografía y establecimiento de Agave potatorum en el valle de Tehuacán, Mexico: Aportes ecológicos y etnobiológicos para su manejo sustentable. *Zo n a s Á r i Da S*, 15(1), 92–109. Retrieved from <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rza/article/view/110>
- Velázquez, L. (2018). Sobreexplotación de agave pone en riesgo negocio del mezcal. *Info Rural*. Retrieved from <https://www.inforural.com.mx/sobreexplotacion-de-agave-pone-en-riesgo-negocio-del-mezcal/>
- Zizumbo-Villarreal, D., Colunga-García, M., Vargas-Ponce, O., Rosales-Adame, J., & Nieto-Olivares, R. (2009). Tecnología agrícola tradicional en la producción de vino mezcal (mezcal y tequila) en

el sur de Jalisco, México. *Revista de Geografía Agrícola*, (42), 65–82. Retrieved from <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rga-699.pdf>

Capítulo XIV. Anexos

Anexo 1. NORMA Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones