

La Economía de la Producción de Mezcal en Oaxaca, México

Estudio de Contexto:
Sistema Agave-Mezcal en los Distritos de
Miahuatlán, Yautepec y Tlacolula



Autores: Gerardo García Contreras
Josefina González Ceballos,
Asesores en Logística y Geomarketing SAPI de CV

Diciembre 2021

ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	4
ÍNDICE DE GRAFICAS.....	5
EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS: CASO DE ESTUDIO, SISTEMA AGAVE-MEZCAL EN LOS DISTRITOS DE MIAHUATLÁN, TLACOLULA Y YAUTEPEC.....	1
INICIO.....	1
<i>Alcance</i>	2
<i>Ubicación</i>	3
CARACTERIZACIÓN DE LOS DISTRITOS DE ESTUDIO.....	5
Caracterización ambiental.....	6
<i>Contexto del cultivo de agave</i>	8
DESCRIPCIÓN DE LA CADENA DE VALOR.....	11
Los productores de agave.....	13
Los productores de mezcal.....	14
Envasadores.....	17
Comercializadores.....	18
Otros actores.....	18
Problemáticas.....	18
El Agave mezcalero.....	21
Requerimientos de la planta.....	24
Sistemas tradicionales de producción del agave.....	27
Usos.....	28
Mezcal.....	29
Formas de producción.....	32
Situación y tendencias de mercado.....	33
Problemáticas.....	35
SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	41
<i>Servicios ecosistémicos de los cuales depende la provisión de agave y mezcal</i>	43
Soporte.....	43
Regulación.....	44
Provisión.....	45
Culturales.....	46
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTEMICOS (LINEA BASE).....	48
<i>Amenazas, causas e impactos de los servicios ecosistémicos relacionados con la cadena de valor agave-mezcal</i>	49
Amenazas ambientales de la producción de agave.....	50
Amenazas ambientales de la producción de Mezcal.....	53
<i>Evaluación espacial de los servicios ecosistémicos (línea base)</i>	53
Pérdida de cobertura forestal por cambio de uso de suelo.....	54
Degradación de los servicios ecosistémicos.....	56
Degradación de la función de Captura de carbono.....	56
Degradación de la función de retención de nutrientes.....	57
Degradación de la función de Polinización.....	58
Degradación de la función de recarga hídrica y aporte al caudal base.....	59
Degradación de la función de retención de sedimentos.....	60
ESCENARIOS DEL SISTEMA PRODUCTO AGAVE-MEZCAL.....	62
<i>Escenario business as usual</i>	64
<i>Escenario de sustentabilidad</i>	66
Principios de sustentabilidad del agave-mezcal.....	66
Gestión sustentable de la cadena de valor agave-mezcal.....	68
Beneficios de las Acciones de sustentabilidad.....	71
Beneficios de evitar la erosión.....	72

Beneficios del balance de carbono	76
Beneficios de evitar conflictos territoriales	80
BIBLIOGRAFÍA	84
ANEXO	91
<i>Anexo 1. Requisitos que deben de cumplir las envasadoras para poder ser certificadas por el COMERCAM</i>	<i>91</i>
<i>Anexo 2. Problemáticas y recomendaciones para la cadena de valor agave-mezcal en el estado de Oaxaca</i>	<i>92</i>
<i>Anexo 3. Clasificación de servicios ecosistémicos s (Camacho Valdez & Ruíz Luna, 2012):</i>	<i>108</i>
<i>Anexo 4. Servicios ecosistémicos en base al valor humano.</i>	<i>109</i>
<i>Anexo 5. Clasificación de servicios ecosistémicos relacionando los intermedios, finales y sus beneficios</i>	<i>110</i>
<i>Anexo 6. Clasificación de las presiones y amenazas, en relación a su severidad, alcance e irreversibilidad.</i>	<i>111</i>
<i>Anexo 7. Análisis de amenazas para el matorral xerófilo, selvas secas y bosques.</i>	<i>112</i>
<i>Anexo 8. Análisis espacial para estimar el estado actual del ecosistema y sus servicios.</i>	<i>115</i>

Índice de tablas

Tabla 1. Regiones del Estado de Oaxaca	3
Tabla 2. Distritos que conforman la "Región del mezcal".	3
Tabla 3. Distritos fuera de la región mezcalera que tienen plantaciones de agave y producen mezcal	4
Tabla 4. Población en los distritos de Miahuatlán, Tlacolula y Yauteppec.	5
Tabla 5. Tipo de localidad de acuerdo a los rangos del número de población del Inegi.	5
Tabla 6. Superficie de vegetación actual en donde potencialmente se puede distribuir el agave mezcalero... 7	
Tabla 7. Superficie de vegetación actual en donde en donde no se encuentra la distribución natural del agave mezcalero.....	8
Tabla 8. Superficie y número de plantas de agave sembradas en los distritos del área de estudio, y en la región del mezcal.	10
Tabla 9. Especies de plantas de agave registradas en los distritos del área de estudio y en la región del mezcal.....	10
Tabla 10. Superficie por tipo de tenencia en la región mezcal.....	11
Tabla 11. Predios por tenencia de la tierra en la región mezcal y los distritos de estudio.	11
Tabla 12. Tipología de productores de agave.....	13
Tabla 13. Tipología de productores de mezcal.....	15
Tabla 14. Tipo de productores tradicionales de mezcal, de acuerdo a su tecnología empleada en el proceso.	16
Tabla 15. Problemas y recomendaciones relacionadas con planeación y coordinación en la cadena.....	19
Tabla 16. Problemáticas y recomendaciones relacionadas con las normas legales de la cadena agave-mezcal.	20
Tabla 17. Clasificación de suelos tradicionales (en la Soledad Salinas, Oaxaca).	25
Tabla 18. Usos tradicionales de los agaves en Oaxaca.	28
Tabla 19. Categorías del mezcal.	30
Tabla 20. Pasos para la elaboración del mezcal.	32
Tabla 21. Problemáticas y recomendaciones relacionadas con las prácticas de manejo y cultivo de agave ...	36
Tabla 22. Problemáticas y recomendaciones para la producción de mezcal.	37
Tabla 23. Problemáticas y recomendaciones relacionadas con los productores de agave.....	38
Tabla 24. Problemáticas y recomendaciones relacionadas con los productores de mezcal.	39
Tabla 25. Problemáticas y recomendaciones relacionadas con el envasado y comercializadores.	40
Tabla 26. Acciones relacionadas con la cadena de valor agave-mezcal que impulsan prácticas que amenazan los servicios ecosistémicos.	49
Tabla 27. Presiones y fuentes de presión que causan la pérdida de cobertura forestal de los ecosistemas en donde se desarrolla el agave.	51
Tabla 28. Presiones y fuentes de presión que causan la degradación de los ecosistemas en donde se desarrolla el agave.....	52
Tabla 29. Superficie (hectáreas) del área de estudio con diferentes grados de degradación de la función de captura de carbono de los ecosistemas.	57
Tabla 30. Superficie (hectáreas) del área de estudio con algún grado de degradación de la función de retención de nutrientes de los ecosistemas.....	58
Tabla 31. Superficie (hectáreas) del área de estudio con algún grado de degradación de la función de polinización de los ecosistemas.....	59
Tabla 32. Superficie (hectáreas) del área de estudio con algún grado de degradación de la función de recarga hídrica y aporte al caudal de los ecosistemas.	60
Tabla 33. Superficie (hectáreas) del área de estudio con algún grado de degradación de la función de retención de sedimentos de los ecosistemas.....	61
Tabla 34. Criterios para establecer una producción sostenible.	67
Tabla 35. Propuesta metodológica para el diseño del paisaje bajo un escenario de sustentabilidad en los territorios con viabilidad para la producción de agave	70

Tabla 36. Estimación de los costos y beneficios económicos con la implementación de monocultivos en áreas con muy alta y alta.	72
Tabla 37. Superficie erosionada en el área de estudio en una línea de tiempo.....	73
Tabla 38. Estimación de los costos y beneficios económicos con la implementación en áreas con muy alta y alta erosión.....	76
Tabla 39. Toneladas de carbono almacenado en el área de estudio	78
Tabla 40. Superficie de los diferentes tipos de vegetación en el área de estudio.	81
Tabla 41. Remanentes de vegetación.....	81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación de los distritos de Miahuatlán, Tlacolula y Yautepec.....	4
Ilustración 2. Tipo de vegetación presente en el área de estudio.....	6
Ilustración 3. Vegetación en donde se puede establecer el agave mezcalero en la región de estudio.	7
Ilustración 4. Eslabones de la cadena de valor agave-mezcal.	12
Ilustración 5. Cadena de valor del Cluster del mezcal de Oaxaca (2015) de acuerdo al porcentaje benéficos obtenidos por cada eslabón	17
Ilustración 6 . Beneficios que obtiene la producción de agave de los servicios ecosistémicos, partiendo de la formación de suelo y ciclo de nutrientes	47
Ilustración 7. Beneficios que obtiene la producción de agave de los servicios ecosistémicos, partiendo de la polinización.....	47
Ilustración 8. Beneficios que obtiene la producción de agave de los servicios ecosistémicos, partiendo de la producción primaria	48
Ilustración 9. Secuencia lógica usada para la evaluación del estado actual los servicios ecosistémicos.	54
Ilustración 10. Mapa de la dinámica de deforestación en el área de estudio.....	55
Ilustración 11. Mapa de degradación de la función de captura de carbono en el área de estudio.	56
Ilustración 12. Mapa de degradación de la función de retención de nutrientes en el área de estudio.....	57
Ilustración 13. Mapa de degradación de la función de polinización en el área de estudio.	58
Ilustración 14. Mapa de degradación de la función de recarga hídrica y aporte al caudal en el área de estudio.....	59
Ilustración 15. Mapa de degradación de la función de retención de sedimentos en el área de estudio.....	60
Ilustración 16. Esquema del desarrollo de los escenarios de sostenibilidad.....	63
Ilustración 17. Consideraciones para el establecimiento de los modelos productivos sostenibles y sus ventajas.	67
Ilustración 18. Mapa de uso de suelo y vegetación de los distritos de estudio, que cuenta con las aptitudes para el establecimiento de agaves mezcaleros.	68
Ilustración 19. A) Mapa que muestra los sitios en donde se aplican las acciones de sustentabilidad. B) Mapa del escenario de sustentabilidad de la región de estudio.	71
Ilustración 20. Proceso de erosión en el área de estudio.....	73
Ilustración 21. Sitios en el área de estudio con niveles de erosión del suelo de muy alto, alto y medio.....	74
Ilustración 22. Sitios erosionados de acuerdo a su secuencia cronológica de aparición en el área de estudio.	75
Ilustración 23 Stock potencial de Carbono almacenado por tipo de vegetación en la zona de estudio.	76
Ilustración 24. Carbono almacenado en el área de estudio.	77
Ilustración 25. Análisis de ganancias (verde) y pérdidas (rojos) de carbono por cambio de uso de suelo, en el área de estudio.....	77
Ilustración 26. Carbono almacenado en un escenario sustentable en el área de estudio.	79
Ilustración 27. Área de producción potencial para <i>A. angustifolia</i> y <i>A. americana</i>	82
Ilustración 28. Áreas con conflicto territorial y potencial productivo de <i>A. angustifolia</i> y <i>A. americana</i>	82
Ilustración 29. Áreas con potencial productivo de agave mezcalero y áreas de exclusión por generar conflictos territoriales.	83

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Población del Estado de Oaxaca	5
Gráfica 2. A) Volumen de producción de piñas de agave en los distritos de Miahuatlán, Yautepec y Tlacolula. B) Porcentaje del volumen aportado por los distritos a la producción total del estado.....	9
Gráfica 3. Dinámica de la producción de agave mezcalero en los distritos de estudio y el volumen de producción.....	9
Gráfica 4. Consumo internacional de mezcal y producción nacional de agave mezcalero.	34
Gráfica 5. Volumen de mezcal que se produce a nivel nacional, estatal y el volumen de agave producido en los distritos de estudio y el mezcal que potencialmente se puede producir con ello.....	34
Gráfica 6. Áreas de los tres distritos de estudio que presentan vegetación y las que han sido desforestadas	55
Gráfica 7. Escenario tendencial, en base a datos 2003-2019 del SIAP	64
Gráfica 8. Tendencia de la producción de mezcal en Oaxaca y a nivel nacional, y el volumen de agave producido en Oaxaca.....	65
Gráfica 9. Tendencia del proceso de erosión en el área de estudio.....	74
Gráfica 10. Escenario tendencial actual de pérdida de carbono almacenado en el área de estudio.....	78
Gráfica 11. Escenario sustentable de recuperación del carbono almacenado en el área de estudio.....	79

EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS: CASO DE ESTUDIO, SISTEMA AGAVE-MEZCAL EN LOS DISTRITOS DE MIAHUATLÁN, TLACOLULA Y YAUTEPEC

INICIO

El conocimiento actual de las especies de agave, su aprovechamiento y uso por parte de las diferentes comunidades de Oaxaca y otros estados del país, nos permite apreciar el fuerte vínculo que se tiene con estas especies. Ya desde épocas prehispánicas se hacía el aprovechamiento de varias partes de los agaves de la región, como son las fibras de las pencas, el uso del quiote (flor de maguey), y para preparación de alimentos, usos medicinales, y bebidas como el pulque, el agua miel y el cocido del maguey (para elaborar mezcal) (Reyes Ruiz, 2017).

Se cree que inicia la comercialización del mezcal, durante la colonia con el “vino mezcal”, cuando los hacendados españoles se hicieron cargo de la producción, y para evitar la aplicación de impuestos los pequeños productores recurrieron al clandestinaje. Durante el Porfiriato se impulsó la comercialización con la llegada del ferrocarril, esto favoreció aun más a las grandes destilerías y perjudico a los pequeños productores. Para mediados del siglo XIX la producción de vino mezcal era el tercer ingreso tributario en el país (Plascencia de la Torre, 2018).

Durante la “Ley seca” entre 1915 y 1919, se prohíbe la manufactura y comercialización de bebidas alcohólicas. Posteriormente inicia el gran auge del tequila y es hasta 1950 que el mezcal empieza a tomar relevancia en el consumo nacional (Plascencia de la Torre, 2018).

La "región del mezcal" de Oaxaca, llamada así en 1994 en el Diario Oficial de la Federación cuando se otorga la Denominación de Origen Mezcal, se conforma por los municipios de de Solá de Vega, Miahuatlán, Yautepec, Santiago Matatlán Tlacolula, Ocotlán, Ejutla y Zimatlán ((DOF), 28/11/1994), sin embargo, se ha aclarado que la producción de mezcal en el Estado, no solo se limita a la “región del mezcal”, sino que abarca todo el territorio oaxaqueño.

La producción de mezcal y de agave en Oaxaca ha tenido diferentes etapas, en donde los precios han sido muy favorables y otras en los que no se han obtenido las ganancias esperadas para los productores. Sin embargo actualmente a nivel nacional, Oaxaca es el estado de la republica que produce la mayor cantidad de mezcal (el 97.3 %) y también es el estado de la república en donde se distribuye el mayor número de especies de agave (Vega Vera & Pérez Akaki, 2016).

La actual Denominación de Origen “Mezcal” comprende ocho estados de la República Mexicana: Oaxaca, Guerrero, Durango, San Luis Potosí, Zacatecas y mediante la modificación a la Declaración General de Protección de la Denominación de Origen “Mezcal” publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre de 1994, se logró la incorporación de algunos municipios correspondientes a los estados de Guanajuato, Tamaulipas y recientemente Michoacán. Particularmente para el caso de Oaxaca la denominada “Región del Mezcal” está conformada por

los municipios de Tlacolula, Yautepec, Miahuatlán, Sola de Vega, Ocotlán, Ejutla, Zimatlán y Santiago Matatlán; no obstante, dicha Denominación de Origen no restringe su uso a otros municipios dentro de la misma entidad federativa (López Cruz, Martínez Gutiérrez, & Caballero García, 2016)

El origen de los tiempos “buenos” y los tiempos de “crisis” para los productores, se debe a diferentes factores, como pueden ser políticas públicas, mala organización comercial, el propio auge del tequila, factores tecnológicos, de organización y culturales (Bautista & Smith, 2012).

ALCANCE

El propósito del presente documento es identificar las entramadas relaciones que existen entre los servicios ecosistémicos y los actores involucrados en el desarrollo del sistema agave-mezcal, se busca identificar las **causas de la degradación de los servicios ecosistémicos**, así como tener un acercamiento a la valoración de económica (costo-beneficio) de la implementación de acciones sustentables alternativas, que garanticen la perpetuidad de los servicios ecosistémicos de la zona y el bienestar de la sociedad.

Para ello, se sigue la metodología propuesta por la iniciativa Economía de la Degradación de la Tierra (ELD) para la valoración económica de la degradación de la tierra

Se trabajó de manera conjunta entre, la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ) en coordinación con el Gobierno del Estado de Oaxaca, en específico con la Secretaría de Medio Ambiente, Energías y Desarrollo Sustentable (SEMAEDES), las Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Pesca y Acuicultura (SEDAPA), Secretaría de Economía (SE), Secretaría de las Infraestructuras y el Ordenamiento Territorial Sustentable (SINFRA), y con apoyo de actores claves de diferentes instituciones de investigación, organismos de la sociedad civil y líderes en el conocimiento del sistema producto agave-mezcal del Estado, los cuales han aportado y validado información para el mejor desempeño del proyecto, así como emitido recomendaciones y retroalimentado el proceso metodológico. Otro actor clave para el proyecto ha sido el Consejo Regulador Mexicano del Mezcal, el cual se mostró interesado en la implementación de buenas prácticas productivas del agave y mezcal, en mejorar mecanismos de comercio justo y en general en aplicar criterios de sustentabilidad.

Estas instancias, demarcan la importancia de la falta de información para realizar una adecuada planeación, como son: los datos de la producción de agave (especies, edades de maduración, superficie plantada) y de los modelos de producción. Ellas buscan desarrollar una visión integral y un modelo de producción con visión a largo plazo para la sustentabilidad del agave y mezcal, para lo que consideran importante:

- Conocer **los impactos ambientales y económicos generados** por el actual modelo de producción.
- Buscar mecanismos para lograr una **organización de la cadena de valor más justa**, con distribución de ingresos equitativos, promover precios justo, con un valor agregado derivado del cuidado ambiental.

- Integrar **modelos ambientales**, como son, programas de manejo forestal, no deforestación, prácticas culturales sin uso de agroquímicos, mantener las diferentes especies de agave, entre otras.
- Establecer campañas de promoción y sensibilización al consumidor, sobre la producción y el valor del mezcal integrando prácticas sustentables.
- Apoyar el fortalecimiento institucional y analizar las políticas, normas y sistemas de regulación de la cadena de valor.

UBICACIÓN

Oaxaca se localiza en el sureste del territorio mexicano, se caracteriza por ser el quinto estado con mayor superficie a nivel nacional (9'395,945.2 hectáreas), (INEGI, 2018), cuenta con 570 municipios y 10,496 localidades (INEGI, 2010)

El estado de Oaxaca se destaca del resto del país por su compleja estructura territorial, administrativamente el estado se divide en ocho regiones (Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Papaloapan, Sierra Sur, Sierra Norte y Valles Centrales) (ver Tabla 1) y a su vez en una subdivisión de 30 distritos, siendo solo siete los que se encuentran dentro de la región mezcalera.

Los siete distritos de la región del mezcal (equivale al 19.5% de la superficie del estado), se conforma del 65.2% de la superficie de la región de Valles Centrales y el 82.3% de la superficie de la región Sierra Sur (ver Tabla 2), sin embargo existen registros (SIAP-SAGARPA, 2003-2019) de superficies sembradas en las regiones Mixteca, Sierra Norte e Istmo (ver Tabla 3).

Tabla 1. Regiones del Estado de Oaxaca

REGION	TOTAL DE MUNICIPIOS	SUPERFICIE (Hectáreas)	PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE (%)
Cañada	45	446,673.0130	4.8
Costa	50	1,163,213.8640	12.4
Istmo	41	2,068,885.0450	22.0
Mixteca	155	1,570,023.3140	16.7
Papaloapan	20	844,953.6780	9.0
Sierra Norte	68	892,567.9720	9.5
Sierra Sur	70	1,474,015.8380	15.7
Valles Centrales	121	935,612.3310	10.0
Total	570	9,395,945.05	100

Fuente: Inegi, 2019.

Tabla 2. Distritos que conforman la "Región del mezcal".

REGIÓN	DISTRITO	TOTAL DE MUNICIPIOS	SUPERFICIE (Hectáreas)	SUPERFICIE DE CADA REGIÓN (%)	SUPERFICIE DEL EDO. (%)
Valles centrales	Ejutla	13	95,378.0200	10.2	1.0
Valles centrales	Ocotlán	20	86,945.4050	9.3	0.9
Valles centrales	Tlacolula	25	328,550.9550	35.1	3.5
Valles centrales	Zimatlán	13	98,927.2000	10.6	1.1
Subtotal de Valles centrales		71	609,801.58	65.2	6.5

Sierra sur	Miahuatlán	32	394,810.7910	26.8	4.2
Sierra sur	Soladevega	16	357,169.6730	24.2	3.8
Sierra sur	Yautepec	12	461,757.8780	31.3	4.9
Subtotal de Sierra sur		60	1,213,738.342	82.3	12.9
Total		131	1,823,539.92		19.4

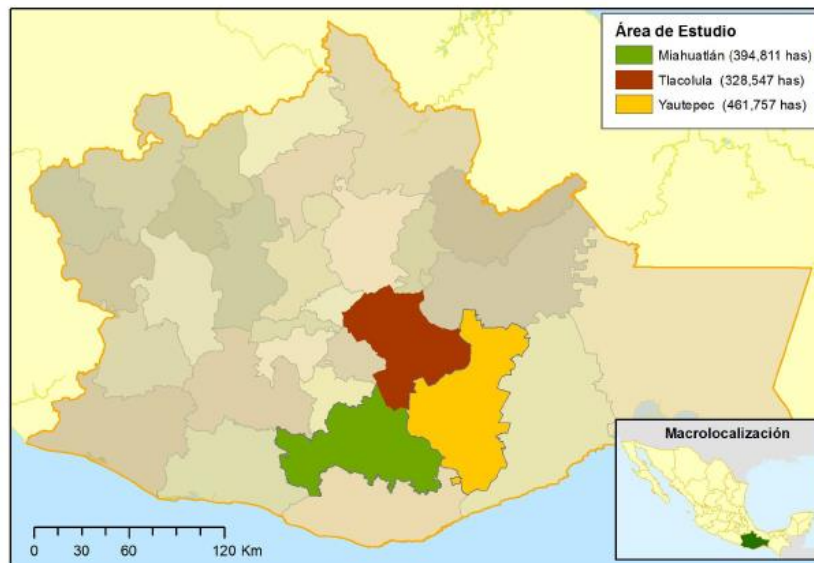
Fuente: Inegi, 2019.

Tabla 3. Distritos fuera de la región mezcalera que tienen plantaciones de agave y producen mezcal

REGIÓN	DISTRITO	TOTAL DE MUNICIPIOS	SUPERFICIE (Hectáreas)	SUPERFICIE DE CADA REGIÓN (%)	SUPERFICIE DEL EDO. (%)
Valles centrales	Centro*	21	53,948.3170	5.8	0.6
Valles centrales	Etla*	23	214,516.0830	22.9	2.3
Valles centrales	Zaachila*	6	57,346.3510	6.1	0.6
Subtotal		50	325,810.751	34.82	3.47
Mixteca	Huajuapán*	28	327,860.5540	20.9	3.5
Mixteca	Nochixtlán*	32	282,343.4040	18.0	3.0
Mixteca	Silacayoapam*	19	187,000.1470	11.9	2.0
Subtotal		79	797,204.11	50.78	8.48
Istmo	Juchitán*	22	1,448,161.2720	70.0	15.4
Istmo	Tehuantepec*	19	620,723.7730	30.0	6.6
Subtotal		41	2,068,885.05	100.00	22.02
Sierra norte	Mixe*	17	491,756.4790	55.1	5.2
Sierra norte	Villa Alta*	25	117,738.5320	13.2	1.3
Subtotal		42	609,495.01	68.29	6.49
Total		212	3,801,394.912		40.45

El estudio tienen una escala regional, focalizándose en tres distritos del estado de Oaxaca: **Tlacolula** de la región de Valles Centrales y de la región Sierra sur, los distritos de **Yautepec** y **Miahuatlán**, los que suman una superficie de 1,185,119.6 de hectáreas, lo que equivale al 12.6% del territorio estatal (Ilustración 1 **Error! Reference source not found.**).

Ilustración 1. Ubicación de los distritos de Miahuatlán, Tlacolula y Yautepec

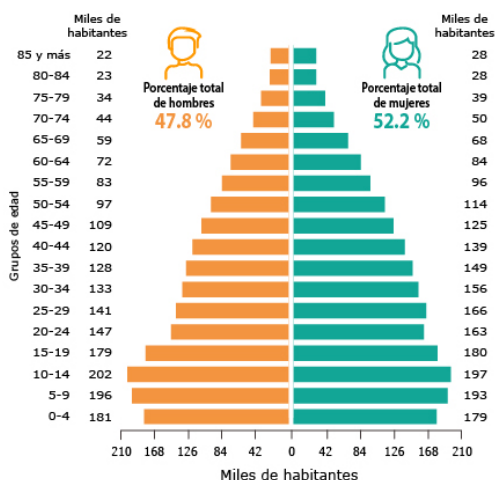


CARACTERIZACIÓN DE LOS DISTRITOS DE ESTUDIO.

Oaxaca cuenta con una población de **4,132,148** habitantes, de los cuales 1,974,843 son hombre y 2,157,305 son mujeres, ocupando así el décimo lugar a nivel nacional por su número de habitantes (INEGI).

Distribuyéndose en un entorno urbano el 49% de la población y en zonas rurales el 51%, en comparación con los datos a nivel nacional que el 79% de la población vive en localidades urbanas y el 21% en rurales, la población de Oaxaca tiene prácticamente a la mitad de su población lejos de las zonas urbanas. En el estado se contabilizaron 10,523 localidades rurales y 200 urbanas. A nivel nacional hay 185,243 localidades rurales y 4,189 urbanas.

Gráfica 1. Población del Estado de Oaxaca



En los tres distritos de estudio se concentra el 7.5% de la población del estado, esto equivale a 313,167 personas, de las cuales 150,667 son hombres (48.1%) y 324,902 son mujeres (51.8%).

El distrito de Miahuatlán es el que presenta mayor número de personas, con una población total de 140,207 personas distribuidas en 32 municipios, le sigue Tlacolula con 138,571 personas distribuidas en 25 municipios y de último Yautepec que cuenta con 34,389 personas en 12 municipios.

El municipio con mayor población es Miahuatlán de Porfirio Díaz con una población de 50,375 personas, el cual pertenece al distrito de Miahuatlán. El municipio de Tlacolula de matamoros es el municipio más poblado de su distrito con una población de 30,254 personas y en el distrito de Yautepec, el municipio con mayor población es San Carlos Yautepec con 11,662 personas (Tabla 4).

Tabla 4. Población en los distritos de Miahuatlán, Tlacolula y Yautepec.

Rótulos de fila	Población total	Hombres	Mujeres
Miahuatlán	140,207	67,825	72,382
Tlacolula	138,571	65,857	72,714
Yautepec	34,389	16,985	17,404
Total los tres distritos	313,167	150,667	162,500
Total Oaxaca	4,132,148	1,974,843	2,157,305

En el área de estudio se tiene un total de aproximadamente 858 localidades de las cuales, de acuerdo al rango de de tipo de localidades, la mayor parte de la población se encuentra en localidades tipo comunidades (el 40.6%), seguida de pueblos y poblados (Tabla 5).

Tabla 5. Tipo de localidad de acuerdo a los rangos del número de población del Inegi.

Tipo de localidad	Rango	No. Localidades	Población total	%
Ranchería	1-10	225	1125	0.355435638
Caserío	11-100	361	14052	4.439628072
Comunidad	101-500	191	46642	14.73620357
Poblado	501-2,500	127	130612	41.26591957
Pueblo	2,501-5,000	14	52457	16.57341089
Ciudad	5,001-15,000	4	27197	8.592696035

Zona urbana	>15,000	2	44428	14.03670623
	Total	924	316513	

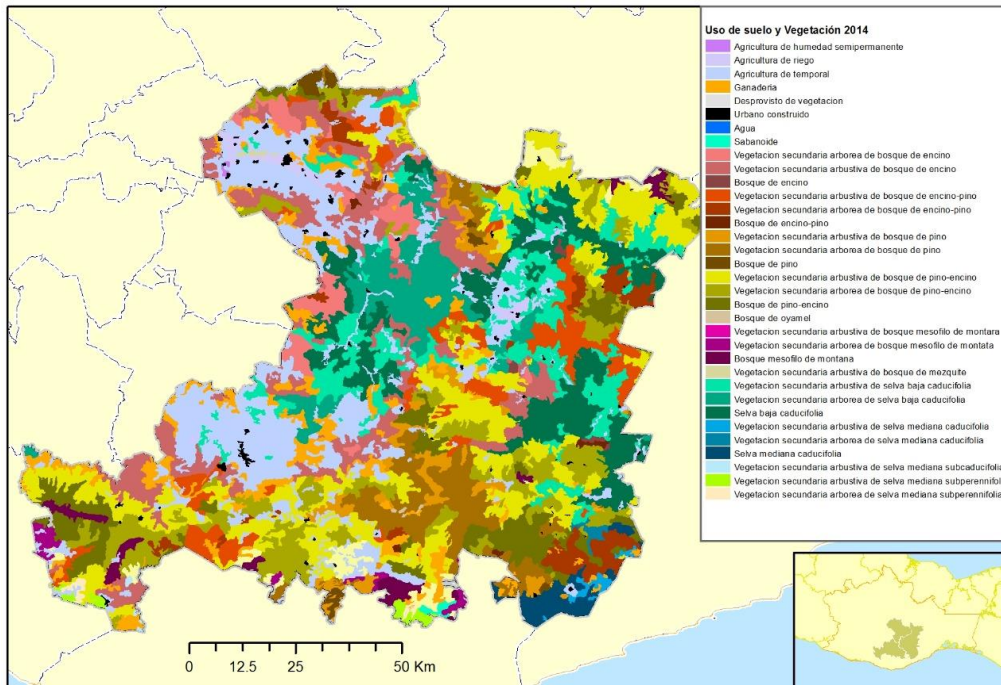
Fuente Inegi

El distrito de Tlacolula, presenta 310 localidades de las cuales una es considerada como Zona urbana y cuatro ciudades, concentrándose la mayor parte de la población en localidades tipo pueblo y poblado. En el caso de Miahuatlán, se presenta una zona urbana, siendo en localidades tipo poblado en donde se localiza la mayor parte de la población. En Yautepec, no se presentan ni zonas urbanas ni ciudades, la mayor parte de la población se ubica localidades tipo poblado.

CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

El área de estudio es un mosaico de diversos tipos de vegetación en diferente estado de conservación, son en su mayoría vegetación secundaria (743,383.9 ha), la vegetación primaria solo queda 196,444.6 ha que ocupa mayor superficie son los bosques de pino- encino y las selvas baja caducifolia (Ilustración 2), mientras que el área dedicada a la agricultura o ganadería es de 238,760. ha (Ilustración 2).

Ilustración 2. Tipo de vegetación presente en el área de estudio

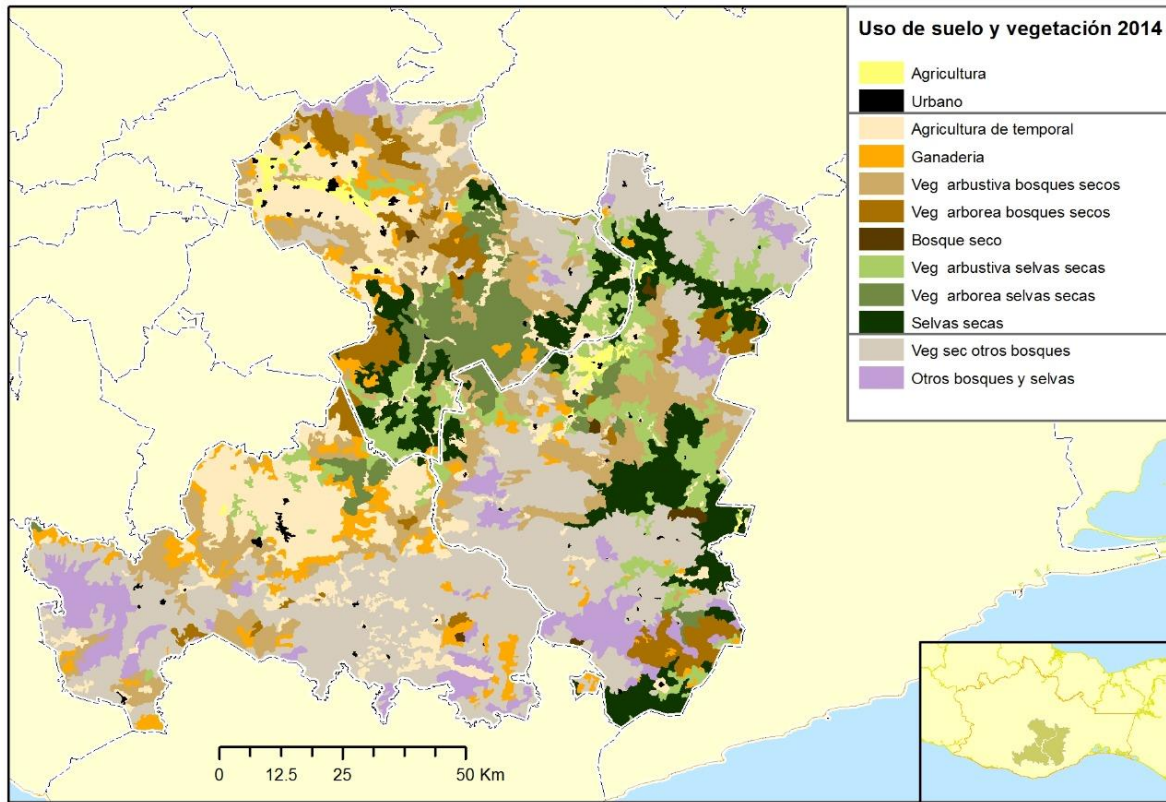


La vegetación originaria de los tres distritos se encontraba dominada por el bosque de pino, el cual cubría una superficie del 47%, le seguían las selvas bajas y medias subcaducifolia y caducifolia, las cuales ocupaban el 31 % de la superficie, la extensión del bosque de encino-pino era del 17% de la superficie del área, y en menor medida se podía encontrar el bosque mesófilo de montaña (4.2%) y las selvas medianas subperennifolias (1.2%).

Para facilitar el análisis y la comprensión de la estructura vegetal de la zona de estudio, se muestra a continuación los tipos de vegetación en donde se desarrollan los agaves mezcaleros (Ilustración 3), que son los

bosques secos (en donde se agruparon los bosques de encino y de encino-pino) y las selvas secas (en donde se agruparon las selvas bajas y mediana caducifolias y subcaducifolias, y los bosques de mezquite).

Ilustración 3. Vegetación en donde se puede establecer el agave mezcalero en la región de estudio.



Esta área potencial ocupa el 54.9% del área de estudio, en ella se incluyen las zonas de agricultura de temporal (Tabla 6).

Tabla 6. Superficie de vegetación actual en donde potencialmente se puede distribuir el agave mezcalero.

Uso de suelo y vegetación 2014	Has	%
<i>Agricultura de temporal</i>	160,876.8	13.57%
<i>Bosque de mezquite</i>	773.6	0.07%
<i>Selva baja caducifolia</i>	91,024.0	7.68%
<i>Selva mediana caducifolia</i>	3,138.7	0.26%
<i>Selva mediana subcaducifolia</i>	666.0	0.06%
<i>Bosque de encino</i>	102,631.3	8.66%
<i>Bosque de encino-pino</i>	56,481.5	4.77%
<i>Bosque de encino</i>	26,231.5	2.21%
<i>Bosque de encino-pino</i>	31,441.6	2.65%
<i>Selva baja caducifolia</i>	60,364.5	5.09%
<i>Selva mediana caducifolia</i>	2,078.0	0.18%
<i>Bosque de encino</i>	1,869.1	0.16%
<i>Bosque de encino-pino</i>	1,961.9	0.17%
<i>Selva baja caducifolia</i>	97,515.0	8.23%
<i>Selva mediana caducifolia</i>	13,394.0	1.13%
	159,112.8	
	650,447.6	54.9%
	120,115.6	
	3,831.0	
	110,909.1	

Las zonas o en donde el agave mezcalero no tiene condiciones de establecerse, ocupa una superficie del 45%, se encuentran bosques de pino, pino-encino, mesófilo, selva mediana subperennifolias, incluyendo la agricultura de riego y protegida, ganadería (Tabla 7).

Tabla 7. Superficie de vegetación actual en donde en donde no se encuentra la distribución natural del agave mezcalero.

Uso de suelo y vegetación 2014		Has	%	
Agua		10.2		0.00%
Sabanoide		1,327.9		0.11%
Ganadería		63,772.5		5.38%
Urbano		6,517.0		0.55%
Desprovisto de vegetación		90.3		0.01%
Agricultura de humedad		359.1		0.03%
Agricultura de riego		12,334.0		1.04%
Vegetación secundaria arbustiva	Bosque de pino	28,968.2		2.44%
	Bosque de pino-encino	154,391.7		13.03%
	Bosque mesófilo de mo	18,679.5	534,668.7	1.58%
	Selva mediana subperenni	4,109.5		0.35%
	Bosque de pino	55,282.1	368,553.2	4.66%
Vegetación secundaria arborea	Bosque de pino-encino	99,150.0		8.37%
	Bosque mesófilo de mo	5,865.9		0.49%
	Selva mediana subperenni	2,106.3		0.18%
Bosque de pino		6,914.0		0.58%
Bosque de pino-encino		59,545.4	81,704.5	5.02%
Bosque de oyamel		465.3		0.04%
Bosque mesófilo de montaña		14,779.8		1.25%

CONTEXTO DEL CULTIVO DE AGAVE.

Si bien la dinámica de la superficie cultivada con agave ha sido cambiante, los tres distritos de estudio destacan como parte de los principales productores de agave en la región del mezcal, en Tlacolula se realizan los cultivos principalmente en valles, en Yautepec principalmente en laderas y en Miahuatlán tanto en valles como en laderas (ICAPET, 2000 en (Bautista & Ramírez Juárez, 2008).

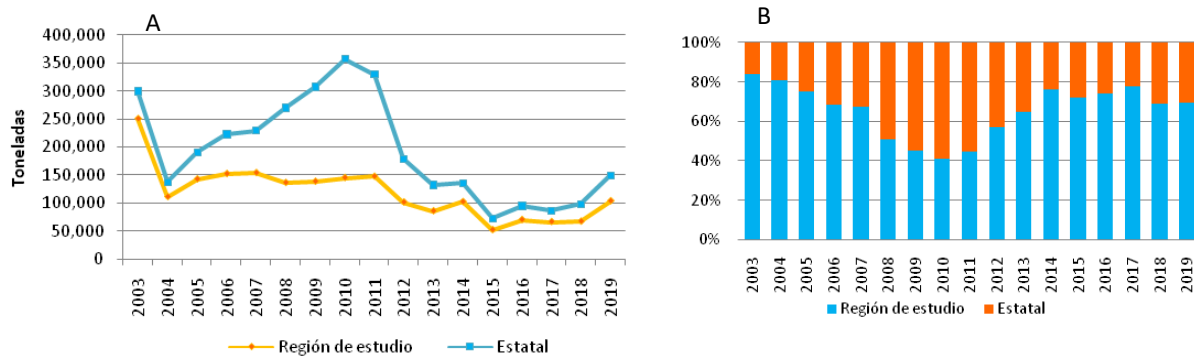
Los cambios en la superficie de siembra y en la cantidad cosechada ha sido fuertemente influenciada por la industria del tequila, entre 1999 y el 2003, los tequileros adquirieron gran parte del inventario de agave, dejando a los mezcaleros sin posibilidad de poder acceder a esta materia prima, además de que inicia una alta expectativa para los productores de maguey de Oaxaca.

Los distritos de Yautepec y Tlacolula a finales de los 80's ya tenían una alta demanda de agave por parte de los tequileros, y eran los distritos con mayor superficie sembrada de agave, principalmente impulsada por esta relación desde principios de 1980 (el total de superficie sembrada a inicio de esta década era de 7,164 y a finales era de 13,000 ha) el 39.55% se encontraba en Yautepec y 34.07 en Tlacolula.

De acuerdo a la información Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), los distritos de estudio siempre han aportado el mayor volumen de agave del estado, siendo el 2003 cuando el récord histórico de mayor volumen cosechado de agave, de ahí en adelante el volumen ha ido en descenso. Entre el 2008 y el 2013 es cuando los distritos de estudio tuvieron una menor contribución a la producción total del estado,

siendo el 2010 cuando solo aportaron el 41% de la producción estatal y de igual forma es el mismo año cuando se registra el mayor volumen de agave cosechado en el Estado (Gráfica 2).

Gráfica 2. A) Volumen de producción de piñas de agave en los distritos de Miahuatlán, Yautepec y Tlacolula. B) Porcentaje del volumen aportado por los distritos a la producción total del estado.



Al igual que el volumen de producción, las hectáreas sembradas y cosechadas en el área de estudio, ha ido en descenso, siendo los años de mayor superficie sembrada del 2004 al 2011. El alto número de hectáreas sembradas en este periodo, podría reflejar las altas expectativas que tenían los productores de que continuaran los tequileros comprando gran cantidad de materia prima en la región. El alto volumen de agave cosechado en el 2003 y el bajo número de hectáreas sembradas en ese año, demarca que las hectáreas sembradas son plantas jóvenes y en el 2004 las hectáreas sembradas se duplica, es decir se hizo una siembra masiva de aproximadamente 7,028.5 ha, por ende no hubo tantas plantas para cosechar, lo que explica el bajo volumen cosechado. Como resultado de la siembra masiva del 2004 y las previas al 2003, es que se obtiene entre el 2009 al 2011 la mayor proporción de terreno cosechado (Gráfica 3).

En la grafica 2, se observa que en promedio solo se cosecha el 20% de las hectáreas sembradas, en el caso de Yautepec se observa que en el 2003 aportó casi el 70% de las hectáreas cosechadas de ese año. También podemos observar que no se ha dado un incremento considerable de la superficie sembrada (como se observo en el 2004).

Tlacolula y Yautepec son los distritos con mayor superficie sembrada y cosechada hasta el 2011, cuando Yautepec reduce considerablemente su superficie cultivada de agave, siendo en los últimos cinco años el que menor superficie sembrada tiene de los tres distritos, paso de tener más de cuatro mil hectáreas sembradas a tener menos de dos mil. Tlacolula, es el distrito en donde se nota un mayor arraigo al cultivo de agave, ya que sus superficies sembradas no han variado considerablemente se han mantenido entre 3000 y más de 4000 ha (Gráfica 3).

En el caso de Miahuatlán, es el distrito que menor superficie sembrada de agave ha tenido, en el 2003 y 2004 tenía menos de mil hectáreas de agave, en el 2005 se dio un incremento considerable, llegando a poco más de 2000 hectáreas, actual mente su superficie es de aproximadamente 2600 ha (Gráfica 3).

A partir del 2015 (que es el año con menor volumen) se ha aumentado ligeramente la superficie sembrada y cosechada, así como el volumen, sin embargo no se alcanza la superficie cultivada en la primera década del 2000 (Gráfica 3).

Gráfica 3. Dinámica de la producción de agave mezcalero en los distritos de estudio y el volumen de producción



Fuente: SIAP, 2019.

Las superficies cultivadas de agave en la región del mezcal, son un 97.4% *Agave espadín* (datos del 2011). En los tres distritos se tenía el 82.6% del total de plantas cultivadas en la región de mezcal (Tabla 8). Aunque solo el 0.4% del agave cultivado en la región del mezcal es agave azul, en los tres distritos de estudio se concentra el 98.4% de este agave, siendo en Yautepec en donde más se cultiva (Tabla 9) recordemos que este distrito era el que tenía mayor ventas con los tequileros (OEIDRUS, SNIDRUS, 2011).

Tabla 8. Superficie y número de plantas de agave sembradas en los distritos del área de estudio, y en la región del mezcal.

Distritos	Numero de Predios-año 2011	Superficie medida con agave (ha) año 2011	Num de plantas de agave-2011	Plantas por hectárea promedio
Tlacolula	3,913	3,305.61	6,387,200	1932.23036
Yautepec	2,091	2,087.53	5,046,170	2417.292207
Miahuatlán	1,143	1,415.51	2,422,653	1711.505394
Total de los tres distritos de estudio	7,147	6,808.65	13,856,023	2035.061723
Total de la región de mezcal (7 distritos)	8,978	8,422.74	16,781,625	1992.418738

Elaboración propia fuente (OEIDRUS, SNIDRUS, 2011). * Fuente ICAPET, 2000

Tabla 9. Especies de plantas de agave registradas en los distritos del área de estudio y en la región del mezcal.

Distritos	Total de plantas	Agave azul	Agave barril	Agave tobalá	Agave arroqueño	Agave espadín	Otros
Tlacolula	6,387,200	19,300	0	1,600	2,000	6,343,070	23,230
Yautepec	5,046,170	46,850	4,750	40,250	55,750	4,885,670	12,900
Miahuatlán	2,422,653	2,850	50,950	2,900	10,250	2,343,933	11,770
Total en los tres distritos	13,856,023	69,000	55,700	44,750	68,000	13,572,673	47,900
% plantas en los tres distritos	100.0	0.5	0.4	0.3	0.5	98.0	0.3
% plantas de los 3 distritos en relación a los de la Región del mezcal	82.6	98.4	44.8	59.0	77.0	83.0	59.9
Total de plantas en la región del mezcal	16,781,625	70,100	124,332	75,890	88,255	16,343,148	79,900

% Plantas sembradas de cada variedad en la región del mezcal	100.0	0.4	0.7	0.5	0.5	97.4	0.5
--	-------	-----	-----	-----	-----	-------------	-----

Elaboración propia fuente (OEIDRUS, SNIDRUS, 2011).

La superficie de tierras cultivadas en la región de mezcal, son en un 20% tierras ejidales, 44.8% comunales y 34.8% son propiedad privada (ver Tabla 10 Tabla 11). De los predios reportados en la región de mezcal el 94.4% son terrenos propios y 5.6% son rentadas o trabajados a medias (OEIDRUS, SNIDRUS, 2011).

Tabla 10. Superficie por tipo de tenencia en la región mezcal.

	Ejidal	Comunal	Propiedad privada	Total
Superficie total en la región mezcal	1720.08	3776.46	2926.19	8422.73
Proporción de superficie en la región mezcal (%)	20.4	44.8	34.7	100

Elaboración propia fuente (OEIDRUS, SNIDRUS, 2011).

Los predios reportados en el 2011 (OEIDRUS, SNIDRUS, 2011), para la región mezcal son en su mayoría comunales (50.1%). El 79.6% de los predios de la región mezcal son parte de los distritos de estudio, de estos el 56.6% son comunales. Para el caso de Tlacolula y Yautepec los predios comunales son los más representativos (65% y 63.7% respectivamente), y para Miahuatlán la propiedad privada es el tipo de tenencia más común (72.4%) (Ver Tabla 11).

Tabla 11. Predios por tenencia de la tierra en la región mezcal y los distritos de estudio.

Distritos	Ejidal		Comunal		Propiedad privada		Total
	#	%	#	%	#	%	#
Tlacolula	447	11.4	2571	65.7	895	22.9	3913
Yautepec	554	26.5	1331	63.7	206	9.9	2091
Miahuatlán	175	15.3	140	12.2	828	72.4	1143
Total de predios de los tres distritos	1176		4042		1929		7147
Proporción de predios en los tres distritos (%)	16.5		56.6		27.0		100.0
Proporción de predios de los tres distritos en relación con la región del mezcal (%)	13.1		45.0		21.5		79.6
Total de predios en la región del mezcal	1784		4499		2695		8978
Proporción del total de predios en la región de mezcal	19.9		50.1		30.0		100.0

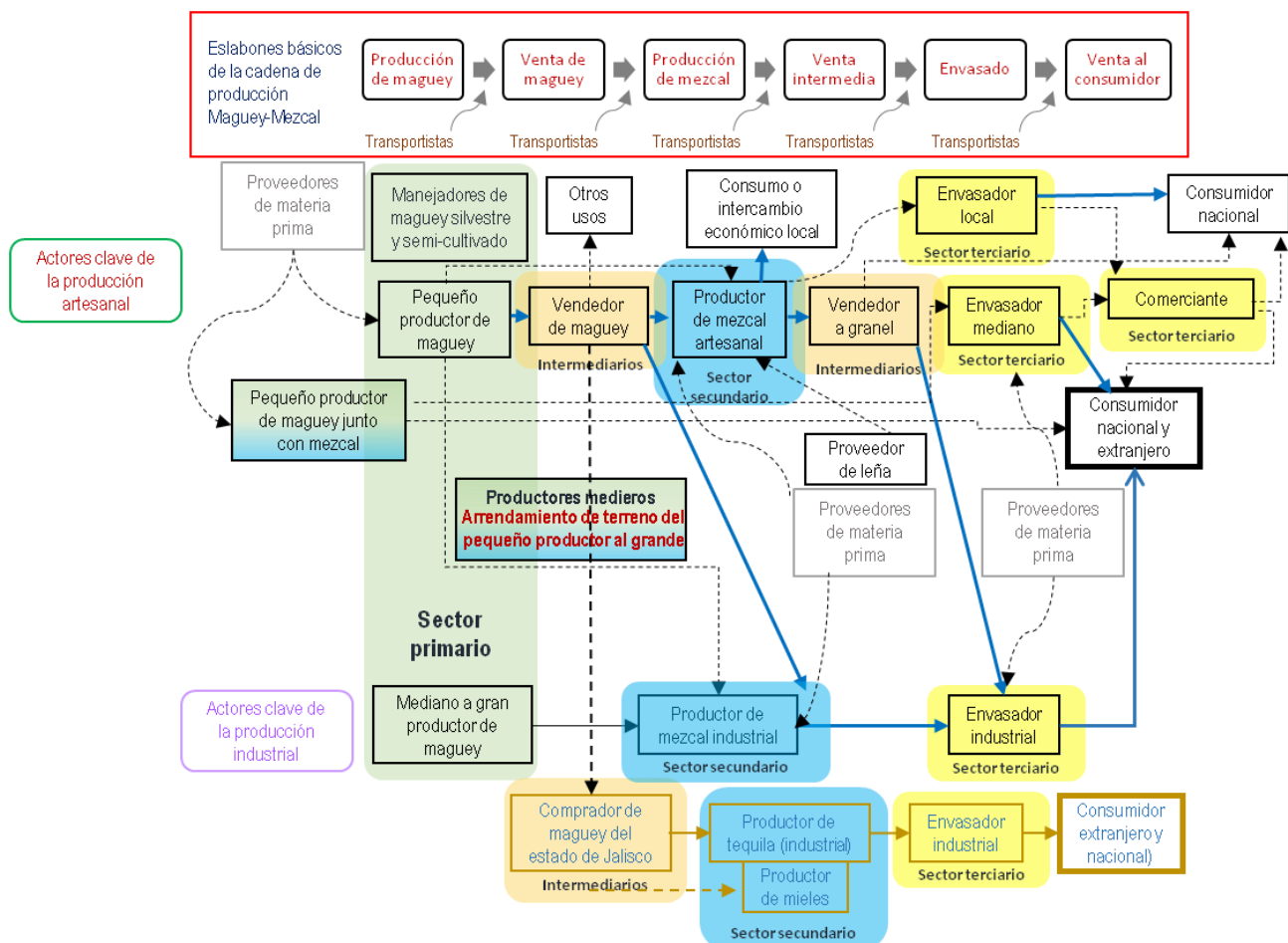
Elaboración propia fuente (OEIDRUS, SNIDRUS, 2011).

DESCRIPCIÓN DE LA CADENA DE VALOR

De acuerdo a la cadena de valor descrita por (Palma, Pérez, & Meza, 2016) se identifican cuatro actividades principales (producción de agave, producción de mezcal, envasado y comercialización) y 5 tipos de actores (productores de agave, transportistas, productores de mezcal, envasadores y comercializadores y consumidores), la complejidad de la cadena radica en la diversidad de cada uno de los actores, y las relaciones que hay entre ellos que comúnmente está dada con un intermediario (Ilustración 4).

Las diferentes investigaciones sobre el agave y mezcal han generado esquemas para explicar los eslabones y actores involucrados en la producción y comercialización del mezcal (Palma, Pérez, & Meza, 2016; Ruíz Martínez & Curiel Avilés, 2013). En estas se muestra que hay una relación únicamente comercial, y hay una ausencia de organización o planeación entre los componentes principales (productores de agave y productores de mezcal). Lo que explica los tiempos de escases (1993-2003) y los tiempos de sobreproducción (2010-2012) de materias primas, así como los precios de las piñas bajos, los precios de transporte altos, y las diferentes capacidades y calidades de producción de mezcal, así como comercio desleal y adulteración en el envasado, entre otros (Ruíz Martínez & Curiel Avilés, 2013).

Ilustración 4. Eslabones de la cadena de valor agave-mezcal.



Elaboración propia, modificado de (Palma, Pérez, & Meza, 2016).

LOS PRODUCTORES DE AGAVE

Los productores de agave o maguey, realizan la labranza de agave, y según su medios, puede realizar diversas actividades como: colecta o dispersión de semillas en tierras protegidas para ese fin, o en viveros en sus tierras, limpieza del terreno, compra de material vegetal y siembra, manejo de maleza, manejo de plagas y enfermedades, y a su vez asume varios riesgos y dificultades como son bajos rendimientos, sequías prolongadas, falta de información de paquetes tecnológicos, bajos precios de compra, falta de transporte, acaparadores (Ruíz Martínez & Curiel Avilés, 2013) (Illsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018). En el 2011, OEIDRUS, SNIDRUS reportaron 4,335 productores de maguey en la Región del Mezcal y registrados como miembros del COMERCAM (en el Plan Rector), solo son 212 productores (Palma, Pérez, & Meza, Diagnóstico de la cadena de valor mezcal en las regiones de Oaxaca, 2016).

Los productores de agave o maguey en Oaxaca, han sido clasificados (OEIDRUS, SNIDRUS, 2011) (Palma, Pérez, & Meza, 2016), según el tamaño de sus terrenos (ver Tabla 12):

Tabla 12. Tipología de productores de agave.

	Principal cultivo es el agave	Hectáreas que posee	Principal ingreso	% de productores (región del mezcal)		Superficie total (ha) (en la región del mezcal)		Ingresos promedio (mensual)
				A	B	A	B	
Productores de subsistencia que producen maguey	No, solo es alternativo	Hasta 3 ha	Fuerza de trabajo Maíz Frijol	83.7	68.2	4, 231	553.6	\$2,600
Productores de maguey de baja escala productiva	No	De 3 a 6 ha *		12	19.7	2,094	540.6	\$5,000
Productores de maguey de escala productiva media (unidades de producción empresariales nivel medio)	Sí, puede ser	De 6 a 22 ha	Cultivo de agave	4	10.8	1,573	709.2	\$20,000
Productores de maguey de escala productiva alta °	Sí,	Más de 22 ha	Cultivo de agave y producción de mezcal	.3	1.4	551	298	\$20,000 a 80,000

Elaboración propia con información de (OEIDRUS, SNIDRUS, 2011). Notas: *densidad de siembra 1740 plantas /ha, ° 47% del agave que ellos producen es usada en sus fábricas de mezcal. A- Datos de OEIDRUS, SNIDRUS (2011), B- datos censo Martínez Tenorio (2017).

Los productores también pueden estar inmersos en dos o más procesos de la cadena, por lo que los clasifican como¹ (López Cruz, Martínez Gutiérrez, & Caballero García, 2016):

- Productores maguey – mezcal_ Son aquellos productores de agave que también producen mezcal en sus propios palenques (estos podrían ser pequeños productores, medianos o grandes productores).
- Los productores maguey_ Estos productores, se dedican exclusivamente a la producción de maguey para venderlos a quienes cuentan con equipo para su procesamiento (el tamaño de sus cultivos o si son agroforestales, manejo de especies silvestres o monocultivos, no está determinado).
- Productores maguey-mediero_ Son algunos productores de mezcal que consiguen terrenos que cultivan a “medias”, estos pueden ser grandes productores de mezcal que rentan los cultivos cuando está a punto de madurar el agave.

LOS PRODUCTORES DE MEZCAL.

Los productores de mezcal, son aquellos grupos, familias, empresas e industrias, que cuentan con una fábrica, llamada en Oaxaca “Palenque”, para la transformación de las piñas de agave a mezcal, con diferentes métodos de producción y con diferente tecnología. De acuerdo a (Palma, Pérez, & Meza, 2016), se estima que son 1,000 los productores de mezcal en los distritos de Ejutla, Ocotlán, Tlacolula, Miahuatlán, Zimatlán, Sola de Vega, Yautepec, Sierra Norte y Mixteca. En otro estudio (UACH, 2010 citado en (Ruíz Martínez & Curiel Avilés, 2013) se estima que a nivel estatal, existen 1,346 trabajadores en 590 fábricas de mezcal, de las que operaban 254 y solo 130 estaban certificadas² (en el distrito de Tlacolula se encontraban 88 palenques certificados, es decir el 68% de los reportados en el estudio de 2010), para el 2013 ante el COMERCAM se encontraban registrados 332 (Palma, Pérez, & Meza, 2016). En el censo realizado por Martínez Tenorio (2017), se contabilizaron 895 palenques, en 144 localidades distribuidas en 53 municipios y 9 distritos, siendo en Tlacolula, Zimatlán, Miahuatlán, Sola de Vega, Yautepec, Ejutla y Ocotlán, donde se concentraron el 88% de los productores de maguey y mezcal del estado (Martínez Tenori, 2017).

Los palenques que predominan son los pequeños, a escala familiar, estos son generalmente con escasa infraestructura, con equipos para destilar rústicos, que pueden ser de barro o cobre (Ruíz Martínez & Curiel Avilés, 2013). Estos palenques familiares, suelen estar en el predio de la vivienda, y se emplea a varios

¹Se debe de destacar que el estudio de estos autores, se realiza en comunidades indígenas con pequeños productores, pero consideramos que esta clasificación, no es exclusiva para pequeños productores.

²El productor autorizado debe obtener la autorización para el uso de la Denominación de Origen de Mezcal, por parte del IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual. Debe de demostrar con la certificación que su producto es auténtico, debe de llevar bitácora, que le proporcionara al Organismo Evaluador de la Conformidad donde registre los equipos utilizados en el proceso, la procedencia de la materia prima, el balance de materiales, inventario de Mezcal, análisis de laboratorio y destino del Mezcal entre otras operaciones e información jurídicamente válida que determine el OEC (DOF, 2017).

miembros de la familia, el procesos de producción se realiza de manera tradicional, con técnicas y “recetas” que se transmiten de generación en generación (Illsley Granich, y otros, 2018), (Hernández Pérez, 2018).

De acuerdo al Plan Rector (citado en (Palma, Pérez, & Meza, 2016), los productores de mezcal por su nivel tecnológico se pueden tipificar como se muestra en la Tabla 13, sin embargo cabe destaca que los Palencia y colaboradores, no recomiendan el uso de esta clasificación, no son claras las diferencias tecnológicas, ni las ventajas en cuanto a rendimientos y capacidades, por lo que los autores recomiendan el uso de productores artesanales y productores industriales:

Tabla 13. Tipología de productores de mezcal.

Tipo de productor	Elementos usados en la fabricación de mezcal	Capacidad-Rendimiento-Uso energético
Artesanal con actividades manuales	<p>Su tecnología es la más incipiente dentro de las características de producción.</p> <p>Molienda: se machaca el agave cocido con mazo de madera sobre canoas de piedra o madera.</p> <p>Horno: pueden contar con hornos con o sin revestir con piedra,</p> <p>Fermentación: en tinas de piedra, cuero, cemento o madera</p> <p>Destilación: Alambique o olla de barro</p>	<p>Uso de leña: para el horneado como para la destilación</p> <p>Capacidad de horno: de 1 a 9 toneladas</p> <p>Rendimiento: de 11 a 35 kg de piña por litro, de acuerdo a si es producción de alambique o en olla de barro.</p>
Artesanal con sistema tradicional	<p>Molienda: con molino chileno</p> <p>Horno: con o sin revestidos de piedra</p> <p>Fermentación: En piletas de cemento, tinas de cuero, tambos de plástico o mayormente tinas de madera</p> <p>Destilación: Alambique de cobre o olla de barro</p>	<p>Uso de leña: para el horneado como para la destilación.</p> <p>Capacidad de horno: 1 a 35 toneladas.</p> <p>Rendimiento: de 6 hasta mayores de 20 kilogramos de piña por litro de mezcal de acuerdo al equipo de destilación utilizado(alambique u ollas de barro).</p>
Artesanal con innovaciones tecnológicas	<p>Se presentan innovaciones tecnológicas desarrolladas o implementadas en alguna etapa</p> <p>Molienda: con maquinaria (desgarradora)</p> <p>Horno: revestido de piedra (con modificaciones para mejorar su eficiencia energética)</p> <p>Fermentación: en tinas de plástico o madera en áreas cubiertas</p> <p>Destilación: en alambique de cobre y/o acero.</p>	<p>Uso de leña: para el horno.</p> <p>Capacidad de horno: 1 a 15 toneladas</p> <p>Rendimiento: 6 a 20 kg de piña por litro de mezcal.</p> <p>Uso de gas: para la destilación</p>

Elaboración propia con información de (Palma, Pérez, & Meza, 2016) y (Ruíz Martínez & Curiel Avilés, 2013).

Los palenqueros tradicionales o artesanales se clasificaron por Martínez Tenorio (2017), de acuerdo a la diferenciación de producción en la etapa de destilación, y con una subdivisión de acuerdo al valor tecnológico como se observa en la Tabla 14.

Tabla 14. Tipo de productores tradicionales de mezcal, de acuerdo a su tecnología empleada en el proceso.

Olla de barro		Alambique de cobre		Alambique de acero inoxidable o de cobre con acero inoxidable		Tambos de fierro	
Número de productores		Número de productores		Número de productores		Número de productores	
Total	95	Total	606	Total	13	Total	7
Con hornos cónicos, molienda manual y fermentado en canoas de madera, ollas de barro o tanques de cemento	38	Con hornos cónicos, molienda en tahona, fermentado en tinajas de madera, plástico, cemento o acero	408	Con hornos cónicos, molienda en tahona, fermentado en tinajas de madera	4	Con hornos cónicos, molienda en tahona, fermentado en tinajas de madera o plástico	2
Con hornos cónicos, molienda en tahona, fermentado en tinajas de madera	5	Con hornos cónicos, molienda con desgarradora y fermentado en tinajas de madera, plástico o cemento	136	Con hornos cónicos, molienda con desgarradora y fermentado en tinajas de madera Con hornos cónicos, molienda manual y fermentado en tinajas de madera	6	Con hornos cónicos, molienda con desgarradora y fermentado en tinajas de madera o plástico	3
Con hornos cónicos, molienda con desgarradora y fermentado en tinajas de madera	51	Con hornos cónicos, molienda manual y fermentado en tinajas de madera o plástico	60	Con hornos cónicos, molienda manual y fermentado en tinajas de madera	2	Con hornos cónicos, molienda manual y fermentado en tinajas de madera o plástico	2
				Autoclave, desgarradora y tinajas de acero	1		

Elaboración propia con información de (Martínez Tenori, 2017).

En cuanto a los productores industriales, son un grupo reducido de productores empresariales, que cuentan con infraestructura moderna y equipo especializado para producir grandes volúmenes, por medio de procesos automatizados (López Cruz, Martínez Gutiérrez, & Caballero García, 2016). Este tipo de productores, pueden monopolizar el cultivo del agave, sus volúmenes de producción llegan a ser 20,000 lt al día, o 60,000 lt al mes, esto les permite reducir costos de certificación y de producción, acceden con facilidad a programas de fomento, fondos y políticas de promoción del mezcal y tienen influencia en las decisiones del CRM (Vega Vera & Pérez Akaki, 2016).

Vega Vera y Pérez Akaki (2016) mencionan los palenques turísticos, estos son palenques ubicados en la ruta turística del mezcal “Camino del Mezcal”, los cuales compran el destilado en comunidades cercanas para revenderlo. También clasifican a los palenques medianos como aquellos, que aún poseen la tradición familiar (pueden ser cooperativas), emplean entre 11 y 30 personas, estar certificado y tener ventas tanto a nivel nacional y en el extranjero³.

³En estudio de Vega Vera y Pérez Akaki (2016), el palenque mediano al que hacen referencia es Real Minero, la cual es una empresa familiar (cooperativa de responsabilidad limitada), que impulsa a productores locales, tienen alta responsabilidad social y ambiental, conserva la producción artesanal y las tradiciones, tiene la certificación del Consejo Regulados del Mezcal 2004, la certificación 37 por su mezcal elaborado como la hacían los bisabuelos y la certificación orgánica CERTIMEX en 2008- también selecciona el agave de productores de la región, realizan su propia comercialización.

ENVASADORES

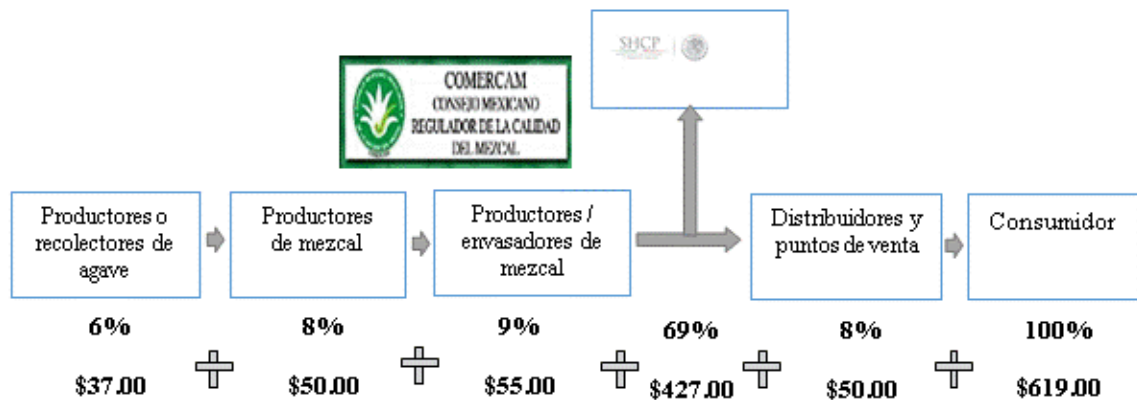
Comúnmente forman parte del eslabón de comercializadores, pero pueden ser parte de otros, estos deben de cumplir con las normas de etiquetado, realizan trámites de registro de marca y certificación, pagan botellas, etiquetas, tapas, etc., quieren contratar mano de obra para realizar el proceso, los cuales normalmente se realiza manualmente (Palma, Pérez, & Meza, 2016). Los envasadores o comercializadores, se dedican a venta del mezcal en diferentes mercados (Vega Vera & Pérez Akaki, 2016). En la lista de socios del COMERCAM se encuentran registrados 135 envasadoras (para el 2013, para ser certificados por el COMERCAM deben cumplir con ciertas medidas que se presentan en el anexo 1), sin embargo esta cifra puede variar, ya que se carece de un padrón real de envasadores (Palma, Pérez, & Meza, 2016).

De acuerdo a la NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones (DOF, 2017), las obligaciones del envasador son:

- Cuando el envasador y comercializador titular o licenciario de marca sean distintos al Productor deben suscribir convenios de corresponsabilidad e inscribirlos ante el IMPI para hacer uso de la DOM de un productor autorizado.
- El envasador para ser certificado debe llevar una bitácora, que para tal efecto le proporcionará el OEC, donde registre los equipos utilizados en el proceso, la procedencia de Mezcal a granel, balance de materiales, inventario de Mezcal, análisis de laboratorio y destino del Mezcal envasado, entre otras operaciones e información jurídicamente válida que determine el OEC.
- La comprobación de lo establecido en la presente Norma Oficial Mexicana se realiza a través de inspección permanente por parte del OEC, que se contrate para supervisar dicho proceso.
- independientemente que puede ser corroborado por cualquier autoridad competente o por una unidad de verificación acreditada. Este requisito se cumple a través del uso ininterrumpido de sistemas aleatorios de inspección previamente aprobados por la DGN.

Los productores/envasadores de mezcal y distribuidores, son los eslabones que mayores beneficios económicos obtienen del resto de la cadena, ver el siguiente esquema (Curiel Avilés, Ruiz Martínez, Delfín García, & Gómez Díaz, 2017) ver Ilustración 5.

Ilustración 5. Cadena de valor del Cluster del mezcal de Oaxaca (2015) de acuerdo al porcentaje benéficos obtenidos por cada eslabón



Tomado de (Curiel Avilés, Ruiz Martínez, Delfín García, & Gómez Díaz, 2017).

COMERCIALIZADORES

La COMERCAM tenía registrados 155 comercializadores en el 2013, se desconoce el número de productores que comercializan el mezcal a granel o envasado sin certificar, los comercializadores se dedican a las ventas de mezcal a nivel local, nacional o internacional (Palma, Pérez, & Meza, 2016).

De acuerdo a la NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones (DOF, 2017), el comercializador debe: Llevar una bitácora, que le proporcione al OEC, donde registre la procedencia del Mezcal envasado, inventarios, análisis de laboratorio y destino del Mezcal comercializado, entre otras operaciones e informaciones jurídicamente validas que determine el OEC.

OTROS ACTORES

Entre los eslabones principales se presentan otros actores, como son aquellos que brindan servicios, equipos, maquinarias, insumos, créditos, entre los que menciona (Palma, Pérez, & Meza, 2016), están los a) recolectores de agave, que son los que se dedican a la extracción de agave silvestre (en el presente documento ya se han mencionado en la sección de productores de agave); b) proveedores de leña, estos actores son de gran importancia para todos los palenques ya que el proceso de horneado usa exclusivamente leña, mientras que para el destilado algunos ya empiezan a usar gas LP; c) agentes no gubernamentales, son precisamente certificadoras, COMERCAM (organismo certificador del mezcal⁴, se encarga de recopilar información para el registro de predios con plantaciones de agave, la certificación de las fábricas y sus procesos de producción, además de registrar el número de lotes de producto envasado para la comercialización nacional y extranjera (López Cruz, Martínez Gutiérrez, & Caballero García, 2016)) y certificadoras de productos orgánicos.

PROBLEMÁTICAS

A continuación, se presenta una relación de problemáticas y recomendaciones realizadas por diferentes autores (ver anexo 2), para mejorar y asegurar la continuidad de los productores y la producción de agave y mezcal de manera sustentable y socialmente responsable, así como garantizar ecosistemas saludables.

Las problemáticas se clasificaron en siete categorías, cada una con una subdivisión y las recomendaciones fueron agrupadas para cada subdivisión:

- Problemáticas relacionadas con planeación y coordinación en la cadena (Tabla 15). Falta de mecanismos de planeación y organización de la cadena, no hay certidumbre para los productores, y el reparto de utilidades no se considera que sea equitativa para todas las partes de la cadena.
- Problemáticas normativas (Tabla 16). No hay interés de los pequeños productores de agave y mezcal de certificarse, principalmente por los altos costos que implica obtener dicha certificación, además de la que se carece de una estructura de acompañamiento que les permita valorar las ventajas que implica obtener dicha certificación y facilitar el proceso administrativo. Por otro lado, se tiene la opinión de que pese a la certificación, sus productos (agave o mezcal) no podrán competir fácilmente en el mercado contra los grandes productores, no incrementaría su ganancia considerablemente, y la inversión no sería recuperada con facilidad, por lo que la mayoría de estos pequeños productores

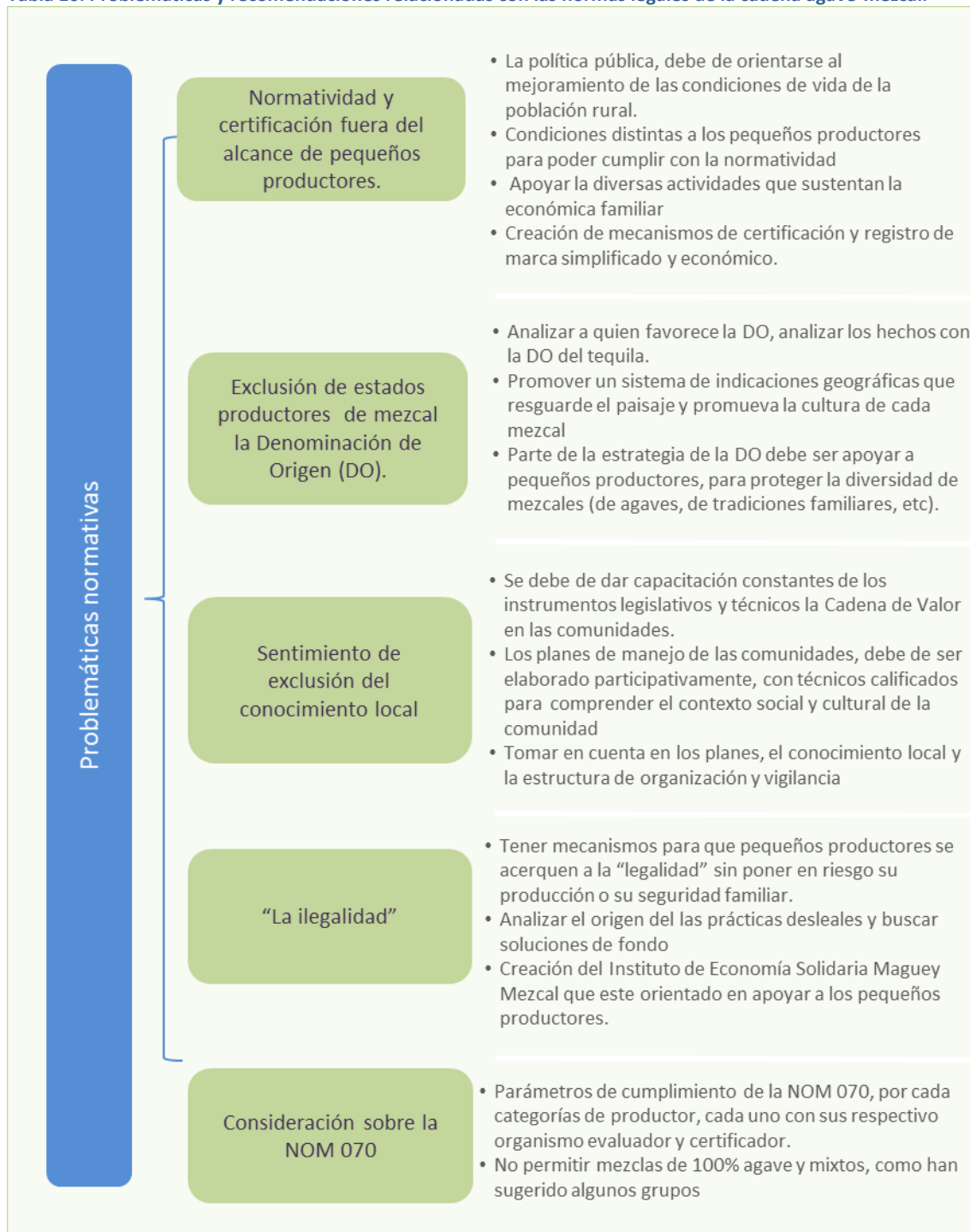
⁴ Organismo Evaluador de la Conformidad (OEC), que son la persona acreditada como organismo de certificación, unidad de verificación o laboratorio de prueba, según corresponda, por una entidad de acreditación para la determinación del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, conforme a lo previsto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, así como su Reglamento.

prefieren seguir en la “ilegalidad”, vendiendo su producción a granel a bajo costo, producción que normalmente es comprada por envasadores y comercializadores que de cierta forma conocen el “camino” para hacer legal el mezcal, pese a su procedencia.

Tabla 15. Problemas y recomendaciones relacionadas con planeación y coordinación en la cadena.

Problemáticas relacionadas con planeación y coordinación en la cadena	Incertidumbre en la cadena	<ul style="list-style-type: none"> • Mesas permanentes locales y resolutivas (con productores, palenqueros, comercializadores y gobierno). • Gestión transparente • Fortalecer la cohesión social (productores y localidades). • El Plan de rescate y aprovechamiento integral del Ecosistema en agave mezcal y Fortalecimiento de la Cadena de Valor 20-30
	Consideraciones del cluster Valles Centrales y relaciones con organismos institucionales.	<ul style="list-style-type: none"> • Es necesario trabajar en un ambiente transparencia y solidaridad entre agentes del cluster • Hay que considerar si esta estructura puede favorecer a pequeños productores. • Se deben de buscar mecanismos para reducir lo más posible la presencia de intermediarios en la cadena
	Falta de visión integral (no hay un planteamiento direccional de mezcal a nivel estatal).	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe reconocer la existencia de las diversas cadenas de producción. El mezcal convencional, ancestral y artesanal debe contar con sus propios proyectos, sin embargo, deben plantearse objetivos y metas convergentes • La planeación debe ser a largo plazo, se deben de considerar la vulnerabilidad de la población, los ecosistemas y valores culturales.
	Falta de información base para la planeación integral	<ul style="list-style-type: none"> • Política estatal que vincule los recursos informáticos estatales (censos, registros, diagnósticos, certificados, etc.). • Elaboración de estudios: <ol style="list-style-type: none"> a) Áreas potenciales de cultivo de agave, b) Censo detallado de palenques c) Registro estatal accesible de marcas de mezcal. d) Creación del padrón nacional de productores de agave y maestros mezcaleros e) Censo de áreas cultivadas y áreas destinadas para el manejo de agaves silvestres y en agroforestales.

Tabla 16. Problemáticas y recomendaciones relacionadas con las normas legales de la cadena agave-mezcal.



EL AGAVE MEZCALERO

El género *Agave*, es endémico de América, pertenece a la familia Asparagaceae. Se tiene registro de 220 especies de agave, distribuyéndose en México (en 24 estados de la república) 159 especies (representa el 75%), de esas son endémicas de nuestro territorio 119 especies (UNAM, 2018) (García Mendoza A. J., 2018). De esta riqueza de especies se usan en México, 58 taxas⁵ para producir bebidas destiladas (Colunga García Marín, 2006). Ligadas a estas especies se encuentra una gran riqueza cultural y conocimiento ancestral de las personas que usan tradicionalmente el Agave para la producción de bebidas destiladas y para otros usos.

De acuerdo a García Mendoza (UNAM, 2018), Oaxaca es el estado con mayor número de especies de agaves (38 especies), de las cuales 10 son usadas de manera tradicional para obtener mezcal⁶, de éstas, aproximadamente cuatro u ocho especies se pueden encontrar de forma silvestre y aproximadamente seis en cultivos establecidos (UNAM, 2018).

Los agaves tienen una amplia distribución en Oaxaca, con mayor representatividad en la Mixteca Alta, la Depresión del Balsas y los Valles Centrales (García-Mendoza, 2004 en: (García Mendoza A. J., 2018).

Ecológicamente el agave o maguey (*Agave* spp.), puede contribuir a atenuar las tasas de erosión, ya que es una planta que conserva el suelo y agua gracias a que cuenta con un sistema radicular abundante, pero relativamente superficial, además representa una alternativa de producción para los campesinos ubicados en las zonas de baja precipitación, suelos pobres y de laderas (Ruiz et al., 2001).

El tiempo de maduración de los agaves mezcaleros puede ser de entre 5 y 25 años, esto depende tanto de la especie de agave como de las condiciones físico-ambientales en donde se desarrolla (García Mendoza A. J., 2018). Los agaves, se labran o se cosecha cuando los azúcares se encuentran concentrados en las piñas, y se debe de hacer antes de iniciar la etapa reproductiva⁷, ya que los azúcares empezarán a consumirse (OEIDRUS, SNIDRUS, 2011). Un factor importante para los productores es el manejo de las plantas en esta etapa, los

De acuerdo a CONABIO (CONABIO, 2006) existen tres tipos de magueyes o agaves:

- I. **Agaves mezcaleros silvestres:** Son aquellos que habitan junto a otras plantas y animales en ecosistemas de encinos, selvas bajas, matorrales y pastizales;
- II. **Agaves mezcaleros domesticados:** comúnmente se localizan en paisajes rurales (caminos, áreas agrícolas o traspatios), los productores seleccionan las mejores plantas, las propagan y cuidan de acuerdo a su conocimiento tradicional.
- III. **Agaves mezcaleros cultivados:** se propagan a través de bulbilos e hijuelos, por lo que suelen ser genéticamente homogéneos, también es común la reproducción de clones *vía in vitro*, por lo que es común que estas plantas sean más susceptibles a plagas y enfermedades.

⁵ De las 58 taxa usadas para bebidas destiladas, 44 son especies, 8 subespecies y 6 variedades, para estas se registraron 254 nombres comunes, y solo se lograron identificar a nivel de género *Agave* 72 nombres comunes, este uso se da en 28 estados de la república.

⁶ Estos datos aún continúan cambiando, en (García Mendoza A. J., 2018), se menciona que son 33 las especies de agave en Oaxaca, y de ellas 8 son usadas para la preparación de bebidas destiladas. En el Plan Rector (2014) se menciona que son ocho especies de agave mezcalero, dentro de los cuales se integran 26 variedades de agaves.

⁷ Se puede realizar el capado de la planta (corte del pedúnculo floral) que sale al madurar la planta, esto evita el consumo de los azúcares y garantiza mayor concentración de azúcares. Después de esto se deja la planta durante 6 o 12 meses antes de su cosecha, durante este tiempo, la planta puede enfermar o tener alguna plaga como el picudo ya que se vuelven más frágiles, o puede disminuir el rendimiento (Barrientos-Rivera, Hernández-Castro, & Smapedro-Rosas, 2020)

agaves se pueden “capar” que es cuando se elimina el escapo floral o se puede cosechar el agave denominado “pabilo”, que es cuando está maduro (se acorta y adelgaza las hojas “cogollo delgado”) y no tiene aún su escapo floral (Velasco Bautista, Zamora-Martínez, Espinosa Paz, & Sampayo Bautista, 2009).

Las especies de agave mezcalero en Oaxaca.

Algunos de los agaves más utilizados en Oaxaca para la producción de mezcal son (CONABIO) (Turimexico):

- Mexicano (*Agave rhodacantha*).

Es un agave de hojas largas y delgadas con tonos que varían entre el verde grisáceo y el verde brillante. Este agave se da en los pies de monte de las sierras Madre Occidental y Madre del Sur, de Sonora a Oaxaca. Se distribuye en los distritos de Ejutla, Huajuapán, Miahuatlán, Nochixtlán, Tlacolula, Silacayoapam, Zimatlán y Sola de Vega. Este agave es conocido como cuish o dobadan, espadilla, espadín, barril gordo, maguey mexicano, se encuentra en bosques tropicales caducifolios y matorrales xerófilos, a una altitud de entre 1750 a 2080 msnm.

- Tepeztate (*Agave marmorata*).

También es conocido como pichomel, pitzometl, maguey curadero. Es un apreciado agave mezcalero que se da en las selvas bajas y los matorrales xerófilos de la Sierra Madre del Sur y zonas de transición entre ellos y los bosques de Quercus, desde el extremo oriental de la cuenca del Balsas hasta el Istmo de Tehuantepec. Se encuentra en suelos de origen calizo o ígneo. En elevaciones de 680-1600 m. Los agaves maduros alcanzan una altura de 1.5 a 2 m. Se puede encontrar en los distritos de Coixtlahuiaca, Huajuapán, Miahuatlán, Tlacolula y Yautepéc

- Arroqueño (*Agave americanavar. americana*) y maguey sierra negra (*Agave americana var. oaxacensis*).

Esta especie de agave es el prototipo de los magueyes. Fue la que Linneo nombró primero como agave. Es originaria del noreste de México y diversos grupos humanos en las antiguas migraciones del continente la llevaron hacia el sur. El mezcal arroqueño es apreciado por su dulzura.

El *A. americana* L. var. *Americana* (también conocido como maguey del pulque, o maguey sierrudo) se encuentra en los distritos de Centro, Ejutla, Miahuatlán, Nochixtlán, Sola de Vega, Tlacolula, Tlaxiaco y Zimatlán. Se cultiva entre los 1500-2300 msnm. Madura entre los 7 y 9 años.

El *Agave americana* var. *oaxacensis* Gentry (también conocido como Mezcal, maguey ceniza, maguey de Castilla, arroqueño, xolo, maguey sierra negra, maguey de rayo, maguey xolo blanco), es considerada endémica de México, en Oaxaca se le encuentra en los distritos: Centro, Cuicatlán, Ejutla, Huajuapán, Ixtlán, Nochixtlán, Ocotlán, Sola de Vega y Tlacolula. Es cultivado entre los 1500 y 1800msnm, madura entre los 18 y 20 años

- Espadín (*Agave angustifolia*).

Como especie silvestre, se da en toda la Sierra Madre Occidental, en el sur y sureste de México. En Oaxaca, se ha convertido en el principal agave cultivado para la producción de mezcal, ya que tiene una alta producción de azúcares, su tiempo de maduración es relativamente breve (de 5 a 7 años,) y es de fácil propagación por hijuelos. Su forma es variable y pesa alrededor de 70 kilos.

Agave angustifolia Haw. var. *angustifolia*, también es conocido como espadilla, espadín, doba-vej (maguey de flor), maguey quixe, yahui xiuco (Mixteco), yavi incoyo (Mixteco). En Oaxaca se

ha registrado en los distritos: Centro, Cuicatlán, Ejutla, Etna, Huajuapán, Ixtlán, Juchitán, Juxtlahuaca, Teotitlán, Teposcolula, Tlacolula, Tlaxiaco, Silacayoapam, Sola de Vega, Villa Alta, Yauatepec y Zimatlán. Se puede encontrar en bosques tropicales caducifolios, matorrales xerófilo, palmar y zonas de transición de estos con el bosque de Quercus, el suelo en donde predomina es calizo o volcánico, con elevaciones de 1000 a 1950 msnm. Esta especie no es común encontrarla de forma silvestre, se cultiva en Valles Centrales y Sierra Sur.

Agave angustifolia var. *rubescens* (Salm-Dyck) Gentry, es conocido como Espadilla, es considerado endémico de México, en Oaxaca se encuentra en los distritos: Cuicatlán, Etna, Pochutla, Tehuantepec y Yauatepec; en los bosques tropicales caducifolios en una altitud que va de los 900 a los 1500msnm, es escasa en la naturaleza.

- Tobalá (*Agave potatorum*)

Es quizá el agave silvestre mejor conocido entre los productores y consumidores de mezcal. Es pariente del papalométl. Clásico de las sierras oaxaqueñas y de sus partes más agrestes. Por su tamaño y su limitado contenido en azúcares el mezcal resultante suele ser más caro que el elaborado con espadín.

Una planta de *A. potatorum* tarda de seis a ocho años en alcanzar la madurez reproductiva, momento en que la cantidad de azúcares en tallo llega a su máximo y es cosechada (Illsey et al., 2005 en: (López Cruz, Martínez Gutiérrez, & Caballero García, 2016).

Se encuentra de forma silvestre en los bosques tropicales caducifolios, matorrales xerófilos y transición hacia el bosque de Quercus, principalmente sobre roca caliza a una altura de entre 1300 y 2400 msnm.

- Papalométl (*Agave cupreata*)

Por la dificultad de su nombre náhuatl, algunos le llaman papalomé o papalote. En mixteco se le dice yaabendisi, otros nombres comunes son tobalá, papalotl, mariposa y maguey de mezcal. Se trata de un agave silvestre endémico de la cuenca del Balsas, y por ello es la especie principal de los mezcales de Guerrero y Michoacán, pero también llega a trabajarse en la mixteca oaxaqueña (en el distrito de Silacayoapam), se puede distribuir en bosques de pino encino, pastizales, palmar y selva baja caducifolia, con suelos de origen ígneo y calizos, en una altitud de los 1220 a 1860 msnm. Esta especie es abundante de forma silvestre, y se han realizado iniciativas para repoblar las áreas de extracción.

- Ciriales, barril, bicuixe, tobasiche (*Agave karwinskii*)

Su nombre se le da por sus troncos que los hacen crecer hacia arriba (hábito arborescente), otros nombres empleados son maguey barril verde, maguey barril amarillo, maguey barril chino, tobasiche espina negra, marteño, madrequishe, sierrudo, maguey barril gordo candelillo y cachitún. La especie tiene un aspecto muy variable: distintos colores, tamaños, alturas y formas de hojas, lo que dificulta reconocer las variables de esta especie.

Es endémico de México, en Oaxaca se encuentra en los distritos de los valles centrales: Ejutla, Ixtlán, Miahuatlán, Ocotlán, Sola de Vega, Teotitlán y Tlacolula, Zimatlán, Zaachila. El sitio en donde más se procesa mezcal con este agave es Miahuatlán.

Palma y sus colaboradores (2016), también reportan los agaves Biliaá o Tobalá verde (*Agave seemanniana*), y el Maguey de Pulque o Amarillo (*Agave salmiana* subsp. *Crassipina*), aunque esta última especie la CONABIO menciona que su uso es principalmente para el pulque y aguamiel, no para mezcal.

El *Agave seemanniana*, es una especie que se suele confundir con *A. potatorum*, se distribuye de México a Nicaragua, en Oaxaca se encuentra en los distritos de Cuicatlán, Miahuatlán, Pochutla, Sola de Vega,

Tehuantepec y Tlaxiaco. Se distribuye entre los 700 y 1700 msnm, en bosques tropicales caducifolios, y transición con bosques de *Quercus-Pinus*, en sustratos arenosos de rocas calizas

REQUERIMIENTOS DE LA PLANTA.

Los agaves, son plantas xerófilas resistentes y con alta plasticidad, se establecen con facilidad en suelos poco fértiles, en áreas con poca precipitación y con alta radiación solar. Esta adaptabilidad se relaciona a diferentes características morfológicas y fisiológicas (Gentry et al., 2004; Good-Ávila et al., 2006, citados en (AGARED, 2017) y ha dado como resultado su amplia dispersión en diferentes ambientes. A continuación se presentarán algunas generalidades.

- De acuerdo a García Mendoza (2007), los agaves crecen en varios hábitats de México, son abundantes en planicies y bases de montañas en zonas áridas y semiáridas del norte y centro del país, también son abundantes en sitios escarpados y expuestos dentro del bosque templado y en paredes rocosas, en las barrancas de los ríos de Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Serranías Meridionales y Sierra madre Sur.
- La pendiente es determinante al momento de establecer una plantación (principalmente hablando de monocultivos de espadín), ya que va a influir en la cantidad de agua y a su vez concentración de azúcares en la piña. Por ello se eligen con mayor frecuencia pendientes ligeras o relativamente planas, con un porcentaje de pendiente de 0 a 9 % (56.7% de los predios de la región del mezcal se encuentran en estas pendientes), en laderas (10 a 18% de pendiente) y lomeríos (19 a 27% de pendiente), son menos utilizados (en 27.2% y 11.6% de los predios respectivamente). Los lomeríos pronunciados (con pendiente de 28 a 36%) y los lomeríos muy pronunciados (con pendientes de 37 a 45%) son considerados de baja fertilidad, con suelos poco profundos, alta pedregosidad y pendiente (lo que dificulta su labranza), también existe mayor pérdida de suelo y nutrientes por la erosión hídrica (OEIDRUS, SNIDRUS, 2011).
- En cuanto a la influencia altitudinal, los agaves se pueden encontrar desde el nivel de mar hasta los 3400 msnm, siendo más comunes entre los 1000 y los 2000 msnm (García Mendoza A. J., 2007). Los agaves mezcaleros de la región del mezcal de Oaxaca, se encuentran generalmente entre los 700 y 2400 msnm (CONABIO). Según la experiencia de los productores (principalmente para el agave espadín) se sabe que las plantas pueden acelerar su madurez (a los seis años) en altitudes menores a los 1500 msnm, debido a que las temperaturas son más elevadas, sin embargo también se reporta mayor presencia de plagas y enfermedades. En los sitios con mayor altitud las temperaturas son más bajas y eso alarga el ciclo hasta los 10 años o más (OEIDRUS, SNIDRUS, 2011).
- Son especialmente abundantes en matorrales xerófilos (cuando son dominantes o codominantes se designa matorral rosetófilo), bosques tropicales caducifolios, bosque espinoso y pastizales. En los bosques de encino (*Quercus*) también prosperan, y en menor medida en bosques de coníferas o en el mesófilo de montaña (García Mendoza A. J., 2007).
- Los suelos en donde se desarrollan los agaves, son diversos, pueden ser de origen ígneo o sedimentario, principalmente calizas (García Mendoza A. J., 2007). De acuerdo al estudio realizado por Mariles-Flores, y colaboradores, (2016), la población en Oaxaca tiene una clasificación propia para los diferentes colores, texturas y capacidad de retención de agua, además de que identifican

en cuales suelos el agave se desarrolla mejor. Los suelos identificados (ver Tabla 17. Clasificación de suelos tradicionales (en la Soledad Salinas, Oaxaca).Tabla 17) pertenecen al grupo de Leptosoles, Cambisoles y Calcisoles⁸ (Mariles-Flores, Ortíz-Solorio, Gutiérrez-Castorena, & Sánchez-Guzman, 2016).

Tabla 17. Clasificación de suelos tradicionales (en la Soledad Salinas, Oaxaca).

Clasificación	Clasificación tradicional de suelos de una comunidad zapoteca de Oaxaca.
<p>Leptosol</p> <p>Son suelos someros, poco atractivos para cultivos, son potenciales para el pastoreo en estación humedad y como tierra forestal (FAO, 2008).</p> <p>Están presentes en zonas altas o medias con una topografía escarpada (con más de 40% de pendiente) y en áreas erosionadas (INEGI, 2014), (FAO, 2008).</p> <p>La vegetación asociada a estos suelos, son matorrales desérticos rosetófilo, selva baja caducifolia y el bosque de encino (INEGI, 2014)</p>	<p>Tierra Pedrero (Yuu gitaák), se caracteriza por tener 90% de pedregosidad, guarda mucha humedad debido al número de piedras.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El maguey siempre está verde y es donde crece más, sobre todo cuando se acaba de rozar el terreno y esta calidad de tierra se mantiene durante los dos primeros ciclos porque la tierra es nueva • Se obtienen piñas de maguey de 200 a 250 kg. • Franco arenoso a arcilloso <p>Tierra Cascajo (Yuu gebriu), son las tierras con menor pedregosidad y las piedras tienen menor tamaño que en la Tierra Pedrero, aproximadamente 60% de piedras, tiene piedrillas y gravilla.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guarda humedad en la ladera y tiene más fuerza para el maguey; por la presencia de piedras sólo se puede trabajar haciendo cajetes para el maguey con barrena. • Es la tierra que más le gusta al maguey porque sus raíces pueden crecer mejor. • Los productores reconocen dos clases de tierras de cascajo de acuerdo a su color, cascajo colorado y cascajo negro. • Franco arcilloso arenoso (colorado) y Franco arcilloso arenoso a arcilloso (negro). <p>Tierra Colorada (Yuu sea), es una tierra color rojiza con gravilla, tiene exposición al sol durante todo el día, no es pegajosa, tiene pedregosidad pero en menor proporción que en la tierra terrero y se puede trabajar cuando la tierra esta mojada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Franco a franco arcilloso arenoso.
<p>Calcisol</p> <p>Es uno de los grupos de suelos más extendidos en México, si son fertilizados con nitrógeno, fósforo, hierro y zinc, algunos cultivos pueden tener éxito (INEGI, 2014).</p> <p>Es común en regiones áridas y semiáridas, la vegetación es escasa y dominan arbustos y árboles xerófilos, así como pastos, tienen poca infiltración de agua y la evaporación en secas provocas la acumulación de sales (FAO, 2008)</p>	<p>Tierra Blanca (Yuu nkich), es una tierra de color blanco, suelta, salada con poca piedra, no es pegajosa, ni chiclosa, son suelos calcáreos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • No es buena para la producción de maguey; • Se producen magueyes con poco jugo, pequeños y de peso bajo. • Franco arenoso.

⁸Los autores destacan que la clasificación tradicional permite una identificación de suelos detallada, precisa, económica y rápida, además consideran que las cartas edafológicas del Inegi, no concuerdan del todo con la información de campo (Mariles-Flores, Ortíz-Solorio, Gutiérrez-Castorena, & Sánchez-Guzman, 2016).

Cambisol	Son suelos con una susceptibilidad a la erosión de moderada a alta, aptos para las actividades agrícolas y en México son usados intensamente (INEGI, 2014).	<p>Tierra Negra (Yuu llas), esta clase se localiza en el llano, no guarda mucha humedad, es muy chiclosa y se vetea, además de que no tiene nutrientes. Se inunda en la época de lluvias porque no entra el agua en la tierra y se estanca, además en la época de cuaremas la planta se marchita por la falta de agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tierra produce piñas de 100 a 150 kg de peso. • Franco arcilloso a arcilloso
	En pendientes escarpadas se recomienda conservar los bosques con este suelo (FAO, 2008)	<p>Tierra Terrero (Yuu seed), se encuentra en partes planas, es muy resbalosa cuando llueve y no se puede entrar a laborar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tierra retiene poca humedad y se marchita el maguey en época de secas. • Los magueyes que crecen en estas tierras no tienen mucho peso. • Arcillo arenoso a franco arcilloso arenoso

Elaboración propia con información de (Mariles-Flores, Ortíz-Solorio, Gutiérrez-Castorena, & Sánchez-Guzman, 2016).

- Los agaves, tienen poco requerimiento de agua, están adaptados a resistir un prolongado tiempo de sequía (algunas de hasta siete años), esto gracias a sus adaptaciones, tales como sus raíces superficiales, que facilita la absorción de agua de lluvia escasa (que solo humedece la superficie del suelo). Así como sus sistemas de almacenamiento de agua en sus hojas suculentas, cutícula gruesa de la epidermis de la hoja, el propio arreglo y doblez de las hojas permiten reducir el calentamiento foliar, el metabolismo CAM de algunas especies, etc (García Mendoza A. J., 2007). Sin embargo, la cantidad de agua que recibe una planta no siempre estará relacionada con el mayor crecimiento de esta, eso dependerá de la especie y de otros factores como los aportes de nutrientes y la edad de la planta⁹ (Martínez Ramírez, y otros, 2012).
- En cuanto a los nutrientes que necesita la planta, Martínez Ramírez, y otros, (2012), encontraron que *A. potatorum* con la concentración de 50 kg de N ha⁻¹ aumento más los sólidos solubles totales, esto es similar a la dosis usada en *A. tequilana*, así como para *A. salmiana*. En cuanto al crecimiento, el fertilizar con nitrógeno, puede resultar perjudicial si no se sabe bien la dosis que se le debe de poner a cada especie y en cada etapa de crecimiento de la planta¹⁰. Pero esto depende de la especie, por ejemplo para *A. angustifolia* han encontrado que el crecimiento de la planta se ve más favorecida con forme se le aumenta la solución nutritiva (de la formulación Steiner) (Ríos-Ramírez, Enriquez-del Valle, Rodríguez-Ortíz, & Ruíz-Luna, 2021). Los productores que aplican fertilizantes en las zonas áridas o semiáridas (en donde no hay riego), lo hacen en la temporada de lluvias, esto ocurren solamente en el 13.2% de los terrenos cultivados, y generalmente aplican abonos de origen animal (87.9%) y solo algunos aplican de origen químico (14.8%), principalmente lo que emplean es urea, sulfato de amonio, triple 17, entre otros. En los Valles Centrales, también es común combinar ambos tipos de abonos (OEIDRUS, SNIDRUS, 2011).

⁹Se ha demostrado que el riego en temporadas secas, favorece el crecimiento de algunos agaves (*A. lechuguilla* (Nobel et al, 1989 citado en (Martínez Ramírez, y otros, 2012). Incrementando su biomasa seca de hojas y raíz, mientras más frecuente es el riego, más incrementa ya que a mayor humedad mayor absorción de nutrientes y CO₂. Para el caso de *A. potatorum* no se registró diferencia significativa en cuanto al crecimiento de la planta con riego y sin riego, en cuanto a la condición por edad, se registró que sin riego en las plantas de 5 años se aumento los sólidos solubles en hojas y el alargamiento en altura, y el crecimiento foliar se redujo (Martínez Ramírez, y otros, 2012). Al igual que *A. salmiana* que duplico su biomasa en raíz en condiciones de sequía edáfica (Ruíz et al., 2007 citado en Martínez Ramírez, y otros, 2012).

¹⁰ Para *A. potatorum*, en plantas jóvenes en N perjudicó el crecimiento y para plantas de 5 años si favoreció el crecimiento, también depende de las cantidades el que se favorezca o no.

SISTEMAS TRADICIONALES DE PRODUCCIÓN DEL AGAVE.

Las actividades que realizan los productores de agave son diversas y puede variar según el origen étnico de la comunidad o las condiciones físico-geográficas, (Bautista J. A., 2012) indicando que en la "región del mezcal", el cultivo del agave se puede dar en laderas y en valles o planicies¹¹. Algunos de los manejos asociados a los valles con poblaciones de origen indígena, son la rotación de cultivos, asociación de cultivos agave-maíz o agave –frijol (durante los primeros 3 años de desarrollo del agave). Otra es dejar descansar al suelo en promedio por dos años, y posteriormente preparan el suelo para un cultivo que puede ser agave, o agave asociado (sin embargo esta actividad implica un costo extra en la preparación del suelo después de dejarlo “descansar”).

Existen otras formas de manejar el recurso y sus sistemas pueden ser regidos por acuerdos comunitarios y tradiciones ancestrales, así como por nuevas formas, Illsley Granich y colaboradores (2018), catalogan el manejo que se le da al agave en tres formas¹²:

- **El manejo en áreas silvestres**, que es aquel en donde se hace una **extracción** de individuos, este puede ser sin ningún manejo o cuidado previo o con cierto **manejo (*in situ*)** como puede ser: dispersión de semillas en lugares específicos, se seleccionan las plantas que serán semilleros, se realizan trasplantes de agaves que crecen muy cercanos a las “madres” o entre sí, se realiza la separación de hijuelos de la raíz, se protege del ganado y las áreas se pueden cercar para evitar el daño.
- **El manejo tradicional diversificado**, este manejo se puede dar de tres formas, un manejo en el monte (*in situ*), como se explicó en el punto anterior, un manejo que implica la **reforestación** de la vegetación original, esto es la germinación de semillas o el trasplantes de hijuelos a viveros o traspatios para ser atendidas hasta por tres años, después de eso son trasladadas al monte, ahí pueden realizarse cercos para evitar su daño. El sistema **agroforestal**, estos pueden ser *silvopastoriles*, en donde se siembra forraje entre el agave y se permite el paso de ganado o *agroforestales*, en donde el agave es cultivado en la parcela junto con otros cultivos, en terrazas o en barreras vivas¹³, en metepantles, que son hileras de agaves y entre ellas un cultivo, así como en traspatios. En tierras improductivas por la erosión o contaminación, se forman magueyeras, con el fin de desatar un proceso de restauración¹⁴. Los agaves pueden ser clasificados y ordenados según su especie, se pueden cercar para no ser dañados o pueden aplicar técnicas para disminuir plagas (orgánicas).
- **El manejo *ex situ* o cultivo**, que en sí son plantaciones de una sola especie (monocultivos), que generalmente en Oaxaca se emplea el espadín. Estos monocultivos pueden ser de **tecnificación media** se realiza en tierras que han sido áreas de cultivos o vegetación conservada, los magueyes se disponen en surcos orientados a favor de la pendiente (para facilitar el traslado de las piñas), se

¹¹De acuerdo a Antonio y Ramírez, 2008 (citado en Bautista (2012), en Tlacolula el sistema productivo se desarrolla en valles, en Yautepec en laderas y en Miahuatlan en ambos sistemas.

¹² El manejo descrito, se determino en base al estudio de caso de una comunidad del estado de Guerrero.

¹³ Estas barreras retienen agua y suelo.

¹⁴ En este proceso, se logra recuperar el suelo, la vegetación y fauna silvestre, y común mente se vuelve a sembrar la milpa.

realiza por pequeños productores que suelen usar agroquímicos¹⁵ para acelerar el crecimiento del maguey, evitar plagas y reducir hierbas. Los altamente tecnificados, son aquellos con un paquete tecnológico completo: tractores, riego, fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, germoplasma de hijuelos o clonados (reduce el vigor de las plantaciones, su resistencia a plagas y enfermedades) para su desarrollo se suelen desmontar extensas superficies (generalmente tierras rentadas por grandes empresas).

USOS

En México se han registrado 832 nombres comunes para agaves usados como alimento humano, alimento animal, elaboración de bebidas fermentadas, destiladas y fibra, de estos el 46% está en uno de los 26 idiomas indígenas (siendo los idiomas con más registros el Náhuatl, el Maya, el Otomí, el Zapoteco y el Tarahumara) y en español se encuentra el 56% de los nombres (Colunga García Marín, 2006).

El conocimiento etnobotánico de las diferentes regiones de Oaxaca es tan diverso como las mismas especies, parte de este conocimiento se refleja en la identificación de especies y los diferentes usos que se les puede dar. En Oaxaca convergen 16 etnias o grupos indígenas (Juárez et al., 2012) los cuales aprovechan los magueyes de acuerdo con sus necesidades y disponibilidad de éstos en su territorio.

De acuerdo a (Vásquez Luis, Palma Cruz, & López Sánchez, 2017), los agaves han contribuido en la economía de los grupo étnicos (zapoteco) gracias a su gama de usos, disponibilidad y resistencia a las condiciones del medio ambiente donde se desarrollan. Siendo una importante fuente económica, alimenticia, medicinal y de uso cotidiano en la subsistencia, satisfaciendo diversas necesidades para la población local de acuerdo a su alto valor de uso.

A continuación se presentan los usos de los agaves en Oaxaca (Tabla 18), se describen las principales categorías de uso, órganos de la planta empleadas y especies importantes para la obtención de benéficos para las personas (Garnica Sanchez, <https://realminero.com.mx/wp-content/uploads/2016/09/5-Plantaciones-e-impacto.pdf>, 2016).

Tabla 18. Usos tradicionales de los agaves en Oaxaca.

CATEGORIA	PARTEDELA PLANTA USADA	ESPECIES
Alimento	Tallos, base de hojas, pedúnculo floral, flores	<i>Agave americana</i> , <i>A. angustiarum</i> , <i>A. angustifolia</i> , <i>A. applanata</i> , <i>A. chiapensis</i> , <i>A. Karwinskii</i> , <i>A. marmorata</i> , <i>A. potatorum</i> , <i>A. rhodacantha</i> , <i>A. salmiana</i> , <i>A. seemanniana</i> , <i>Furcraea longaevea</i> , <i>Yucca elephantipes</i> , <i>Y. periculosa</i>
Bebida fermentada (aguamiel y dulce)	Jugos de tallos y hojas	<i>Agave americana</i> var. <i>americana</i> , <i>A. americana</i> var. <i>oaxacensis</i> , <i>A. salmiana</i> var. <i>ferox</i> , <i>A. salmiana</i> var. <i>Salmiana</i>
Bebidas destiladas (mezcal)	Jugos de tallo y base de hojas cocidos	<i>Agave americana</i> var. <i>americana</i> , <i>A. americana</i> var. <i>oaxacensis</i> , <i>A. angustifolia</i> , <i>A. convallis</i> , <i>A. karwinskii</i> , <i>A. marmorata</i> , <i>A. potatorum</i> , <i>A. rhodacantha</i> , <i>A. seemanniana</i>
Medicina	Hojas: cutículas y jugo	<i>Agave americana</i> , <i>A. angustiarum</i> , <i>A. marmorata</i> , <i>A. potatorum</i> .
Fibras	Hojas	<i>Agave americana</i> var. <i>americana</i> , <i>A. americana</i> var. <i>oaxacensis</i> , <i>A. angustiarum</i> , <i>A. angustifolia</i> var. <i>angustifolia</i> , <i>A. angustifolia</i> var.

¹⁵ De acuerdo a (Illsley Granich, y otros, 2018), los fertilizantes que se aplican a los cultivos agrícolas aumentan el tamaño del agave, pero disminuyen en calidad para el mezcal.

		<i>.rubescens, A. convallis, A .horrida. Furcraea longaeva</i>
Construcción	Pedúnculo floral y hojas	<i>Agave americana, A. angustifolia, A. atrovirens, A. marmorata, A. salmiana. Yucca periculosa</i>
Forraje	Inflorescencias y hojas	<i>Agave americana, A. angustifolia, A. atrovirens, A. ghiesbreghtii, A. karwinskii, A. macroacantha, A. rhodacantha, A. salmiana, A. scaposa, A. stricta. Furcraea longaeva, F. macdougallii..</i>
Ornato	Planta completa, inflorescencia	<i>Agave americana ‘Marginata’, A. applanata, A. ghiesbreghtii, A. guiengola, A. isthmensis, A. macroacantha, A. salmiana, A. stricta</i> <i>Beschorneria albiflora, Furcraea longaeva, F. macdougallii, Polianthes tuberosa, Yucca elephantipes, Y. periculosa</i>
Sustituto del jabón	Rizoma, restos de fibras de hojas	<i>Furcraea longaeva, F. macdougallii, Manfreda hauriensis</i>
Ceremonial	Inflorescencias	<i>Polianthes tuberosa</i>
Cercas vivas	Planta completa	<i>Agave americana, A. angustiarum, A. angustifolia, A. ghiesbreghtii, A. karwinskii, A. macroacantha, A. stricta, Furcraea macdougallii</i>
Combustible	Planta completa	<i>Agave americana, A. angustifolia, A. Karwinskii, A. salmiana, A. stricta, Furcraea longaeva</i>

Fuente: García Mendoza, Ordoñez Ma. y Briones-Salas M. 2004. Biodiversidad de Oaxaca en Garnica Sanchez, Z. (2016).

MEZCAL

De acuerdo a la Denominación de Origen del Mezcal (DOM), es en 963 municipios, distribuidos en nueve estados de la república, en donde se produce el mezcal. Los estados que cuentan con la DOM para todos sus municipios son, Durango, Guerrero, San Luis Potosí, Zacatecas, Oaxaca, los estados en donde solo algunos de sus municipios cuentan con la DOM, son Guanajuato, Michoacán de Ocampo, Tamaulipas y Puebla (INEGI, Conociendo la Industria del Tequila y Mezcal, 2019).

De acuerdo a la NOM-070-SCFI-2016 el mezcal es la “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 Resolución. 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” (DOF, 2017).

Los mezcales según la Norma Oficial, antes mencionada, se pueden categorizados de acuerdo al proceso utilizado para la cocción, la molienda, fermentación y destilación (Tabla 19):

Tabla 19. Categorías del mezcal.

	Mezcal	Mezcal artesanal	Mezcal ancestral
Cocción en:	<ul style="list-style-type: none"> • Hornos de pozo • Mampostería • Autoclave 	<ul style="list-style-type: none"> • Hornos pozo • Elevados de mampostería 	<ul style="list-style-type: none"> • Hornos pozo
Molienda con:	<ul style="list-style-type: none"> • Tahona • Molino chileno o egipcio • Trapiche • Desgarradora • Tren de molinos o difusor 	<ul style="list-style-type: none"> • Tahona • Molino chileno o egipcio • Trapiche • Desgarradora • Mazo 	<ul style="list-style-type: none"> • Tahona • Molino chileno o egipcio • Mazo
Fermentación en:	<ul style="list-style-type: none"> • Recipientes de madera • Piletas de mampostería • Tanques de acero inoxidable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recipientes de madera o barro • Piletas de mampostería • Oquedades en piedra suelo o tronco • Pieles de animal 	<ul style="list-style-type: none"> • Recipientes de madera o barro • Piletas de mampostería • Oquedades en piedra, suelo o tronco • Pieles de animal
Destilación en:	<ul style="list-style-type: none"> • Alambiques • Destiladores continuos • Columnas de cobre o acero inoxidable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alambiques de caldera de cobre • Ollas de barro • Montera de barro, madera, cobre o acero inoxidable 	<ul style="list-style-type: none"> • Ollas de barro • Montera de barro o madera • Con Fuego directo

Fuente (DOF, NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones , 2017)

Para definir el mezcal artesanal (Illsley Granich, y otros, 2018) detalla lo siguiente:

- Es un producto, que se basa en la tradición mezcalera, que sigue los pasos de los mezcales ancestrales, pero no está definido por identidad y comunidad, la transmisión de conocimiento de generación en generación. Los maestros mezcaleros pueden tener menos de 30 años en el oficio.
- Los artesanales se destilan en cualquier época del año. Tienen mayor volumen de producción que los ancestrales y pueden tener equipos o adaptaciones más modernos, pero las instalaciones siguen siendo rústicas. Utilizan en su mayoría agave cultivado y no tanto el silvestre como los ancestrales.

En cuanto al mezcal ancestral (Illsley Granich, y otros, 2018) detalla lo siguiente:

- *“Lo ancestral, entonces, no radica en las herramientas utilizadas sino en los saberes, las prácticas culturales cotidianas y las formas de vida de los grupos humanos a los que pertenecen los manejadores de maguey y los maestros mezcaleros. Lo ancestral, que quede claro, no está tampoco en las técnicas ni en lo silvestre de los agaves, sino en la gente. Las maneras de preparar el mezcal y de manejar sustentablemente el bosque manifiestan el espíritu transmitido de padres a hijos desde hace muchas generaciones”. “...La producción anual de mezcal es de*

alrededor de cinco mil litros por palenque y es obtenida sólo durante una época del año” (Ilsley Granich, y otros, 2018, p:86).

Según datos del COMERCAM¹⁶ la técnica ancestral, aunque es la más antigua solo el 1% del mezcal se obtiene de esta manera, la técnica artesana es la más implementada por los estados y municipios productores, pues un 92% del mezcal producido en México se fabrica de esta manera, por último se encuentra la técnica industrial, aunque es la más eficiente debido a que es la que menos residuos genera solo el 7% del mezcal es producido bajo esta modalidad (Comunicación personal de Organización de Maestros Mezcaleros, 2019 en (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodriguez Peralta, 2019).

- **Las clases de mezcal mencionadas en la NOM-070-SCFI-2016, son (DOF, 2017):**

Blanco o Joven: Mezcal incoloro y translucido que no es sujeto a ningún tipo de proceso posterior.

Madurado en Vidrio: Mezcal estabilizado en recipiente de vidrio más de 12 meses, bajo tierra o en un espacio con variaciones mínimas de luminosidad, temperatura y humedad.

Reposado. Mezcal que debe permanecer entre 2 y 12 meses en recipientes de madera que garanticen su inocuidad, sin restricción de tamaño, forma, y capacidad en Litros, en un espacio con variaciones mínimas de luminosidad, temperatura y humedad.

Añejo. Mezcal que debe permanecer más de 12 meses en recipientes de madera que garanticen su inocuidad de capacidades menores a 1000 L, en un espacio con variaciones mínimas de luminosidad, temperatura y humedad.

Abocado con. Mezcal al que se debe incorporar directamente ingredientes para adicionar sabores, tales como gusano de maguey, damiana, limón, miel, naranja, mango, entre otros, siempre que estén autorizados por el Acuerdo correspondiente de la Secretaría de Salud, así como en la NOM-142-SSA1/SCFI-2014 (especificaciones sanitarias)

Destilado con. Mezcal que debe destilarse con ingredientes para incorporar sabores, tales como pechuga de pavo o pollo, conejo, mole, ciruelas, entre otros.

Únicamente está permitida la mezcla de mezcal de la misma categoría y clase.

- Por el **porcentaje de los carbohidratos** provenientes del agave que se utilicen en la elaboración del mezcal, se clasifica en (DOF, 1997):

Tipo I.- Mezcal 100% agave

Es aquel producto que se obtiene de la destilación y rectificación de mostos preparados directa y originalmente con los azúcares de las cabezas maduras de los agaves, previamente hidrolizadas o cocidas y sometidas a fermentación alcohólica con levaduras, cultivadas o no. Este tipo de mezcal puede ser joven, reposado o añejo y susceptible de ser abocado.

Tipo II.- Mezcal

Es aquel producto que se obtiene de la destilación y rectificación de mostos en cuya formulación se han adicionado hasta un 20% de otros carbohidratos permitidos por las disposiciones legales correspondientes. Este tipo de mezcal es joven, reposado o añejo y susceptible de ser abocado.

¹⁶Consejo Regulador Mezcal entidad encargada de garantizar y salvaguardar la Denominación de Origen del Mezcal.

FORMAS DE PRODUCCIÓN

Como ya se ha mencionado, los pasos a seguir para la producción del mezcal son cuatro, la cocción de las piñas del agave en el horno (las piñas no pueden ser almacenadas por mucho tiempo, máximo un día después de ser cortadas se deben de hornear, para evitar se contamine (Hernández Pérez, 2018), la molienda, la fermentación y el destilado. A continuación se describe brevemente el proceso de cada paso (Tabla 20).

Tabla 20. Pasos para la elaboración del mezcal.

Horneado.	Molienda	Fermentación	Destilado
<p>Para los tres tipos de palenque, se debe de usar leña en este proceso. Generalmente se emplea el encino (Ruíz Martínez & Curiel Avilés, 2013).</p> <p>Los hornos son generalmente pozos cónicos (hay rectángulos o elevados), algunos con piedra, con profundidad de 2 a 3 m y diámetro de 2 a 3.5 aprox (estas medidas dan una capacidad de 3 a 10 toneladas de piña) (Hernández Pérez, 2018)</p> <p>Algunas modificaciones hechas en los hornos, han permitido disminuir el tiempo de de 72 hr (que en promedio tarda) a solo 4 o 5 horas. También se ha logrado reducir en un 50% el uso de leña y el desgaste de la piedra (Ruíz Martínez & Curiel Avilés, 2013).</p> <p>El horno se prepara a una temperatura aprox de 800 a 100 grados, y depende del maestro mezcalero y su experiencia (puede ser 6 hr), la piedra queda al rojo vivo y la leña se consume, sobre la leña encendida y la piedra se echa el bagazo y encima de esta la piña (puede ser trozada previamente), estas se tapan</p>	<p>En este punto el objetivo es extraer los jugos de la piña del agave, para ello se pueden usar varios equipos, el más común es el molino de piedra artesanal.</p>	<p>Con la fermentación se logra convertir los azucares en alcohol, esto se logra entre los 8 y 15 días a una temperatura ambiente en tinas (principalmente de madera) de aproximadamente 500 a 1000 litros de agua y 150 kg de pulpa de la piña, previamente molida.</p> <p>El procesos necesita supervisión constante, primero se echa la pulpa y se agrega de 5 a 10% de agua caliente, se deja 24 hr y después se agrega agua fría, se necesita mover constantemente (Hernández Pérez, 2018).</p>	<p>Este proceso, separa el agua del alcohol generado en la fermentación, realizando el calentamiento de la mezcla para poder alcanzar la temperatura de separación apropiada (Hernández Pérez, 2018). Proceso en donde el productor se asegura de la graduación y características de calidad. La cuantificación de los parámetros es empírica por medio del pelardo¹⁷, o no se mide (Ruíz Martínez & Curiel Avilés, 2013).</p> <p>El alambique, es el equipo más empleado para este proceso, y esta compuesto por la olla (donde se calienta la sustancia a destilar), la montera (capta los vapores alcohólicos), el turbante (es un tubo alargado que llevan los vapores a la sección de enfriamiento) y el serpentín (tubo sumergido en tanque de agua para enfriar y condensar los vapores de la olla) (Hernández Pérez, 2018).</p> <p>Los recipientes de almacenamiento del mezcal, son generalmente botellones, tambos, garrafones y barricas, que están generalmente en áreas sin techos, en la misma</p>

¹⁷Se refieren a las burbujas diminutas que se forman al vaciar el mezcal, son el indicador de la graduación etílica que maestras y maestros mezcaleros obtienen sin instrumento de medición sino de manera empírica (Ororadio, 2020).

con una manta y con tierra posteriormente **(Hernández Pérez, 2018)**.

En la cocción, las piñas se exponen al calor lentamente, lo que provoca la hidrólisis de los fructanos. Este tiempo puede variar de 3 a 7 días **(Hernández Pérez, 2018)**.

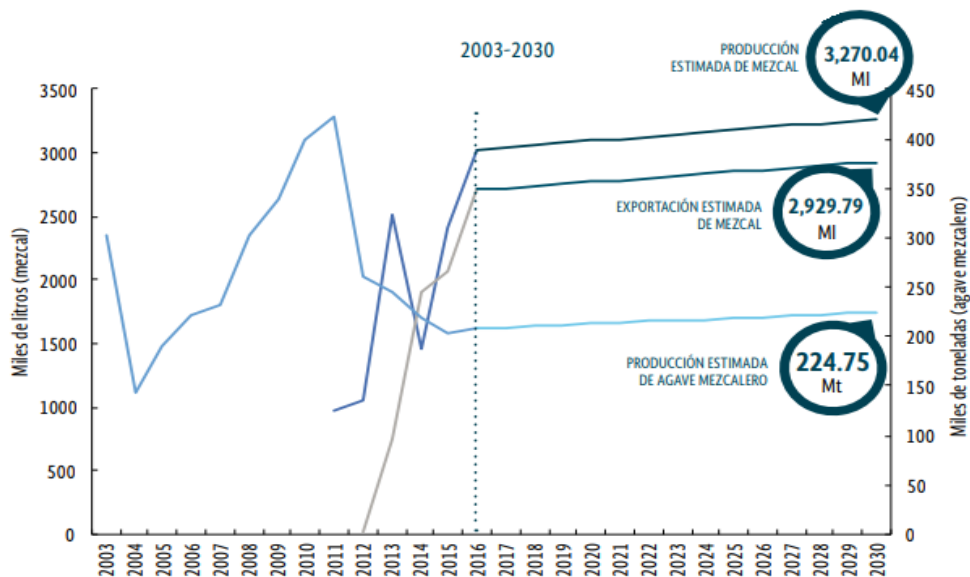
área de destilación (Ruíz Martínez & Curiel Avilés, 2013).

SITUACIÓN Y TENDENCIAS DE MERCADO.

El total de litros de mezcal envasado para el mercado nacional va en aumento (tuvo un incremento de 242 % en 2014 con 924, 686 litros de mezcal). Oaxaca es el estado con mayor producción de mezcal nacional, con un 93.7 % de la producción total en 2014, seguido por Zacatecas con una producción de 4.4 %. En su mayoría, el mezcal se realiza (77 %) con *A. angustifolia* (Pérez Hernández, Chávez Parga, & González Hernández, 2016), el cual es el principal agave cultivado en Oaxaca.

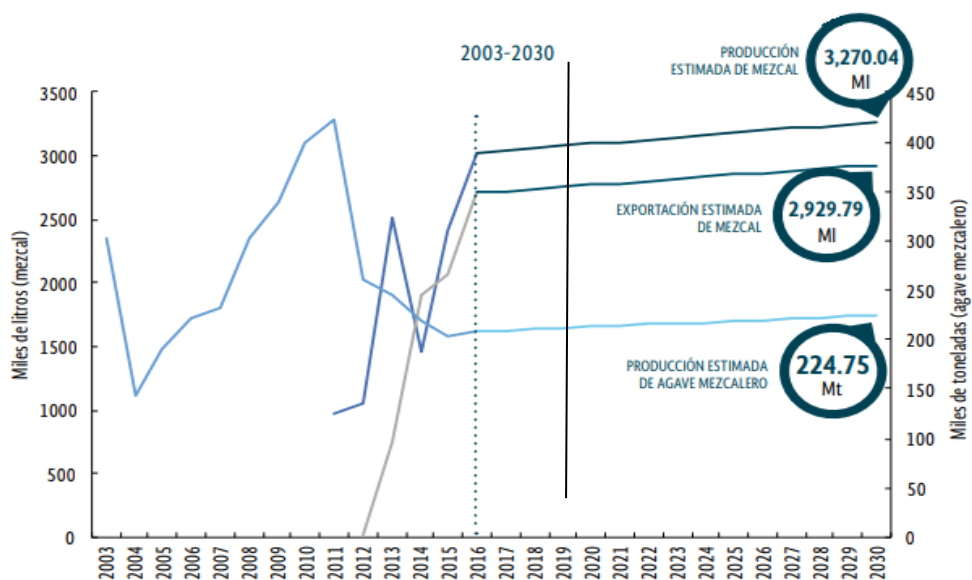
De acuerdo a los datos SAGARPA (2017) se estima que la producción nacional de agave mezcalero, incremente de 208.12 a 224.75 miles de toneladas para el 2030 es decir un incremento del 7.99% en la producción de agave, y se espera que esta tendencia siga con la producción de mezcal, ver Gráfica 4

Gráfica 4. Consumo internacional de mezcal y producción nacional de agave mezcalero.



En el 2005 se reportó la mayor producción de mezcal, después de esta producción se observa que hubo una gran producción de agave sin embargo no se aumentó la producción de mezcal, sino que disminuyó, hasta llegar al punto más bajo de producción en el 2014, y a partir de este año incrementa poco a poco la producción de mezcal y se observa una mayor relación entre el volumen de agave cosechado y el mezcal producido.

Gráfica 4. Consumo internacional de mezcal y producción nacional de agave mezcalero.

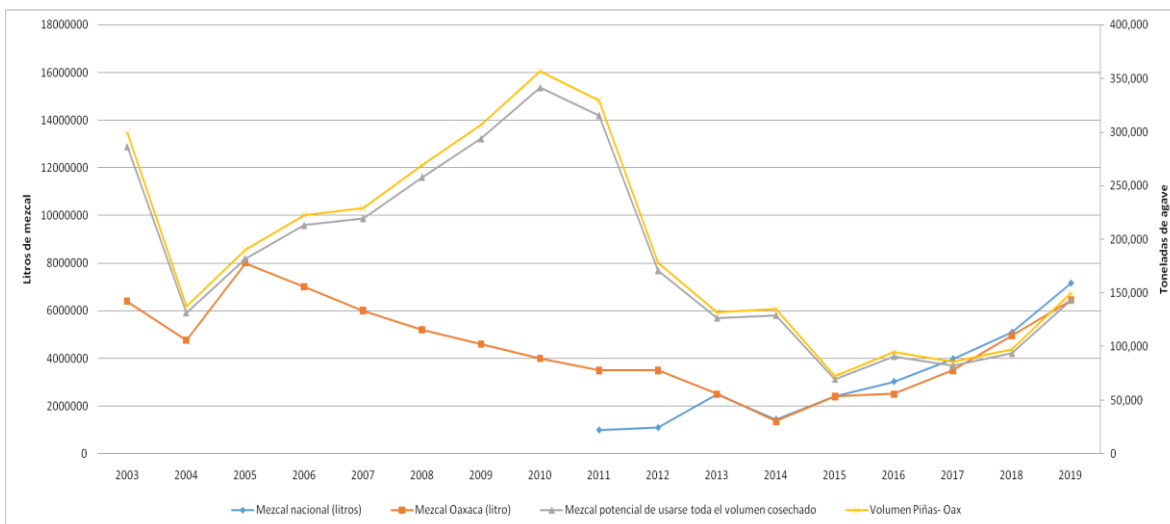


Fuente: (SAGARPA, 2017) con datos del SIAP y el SIAVI y CRM, 2017.

Dado que no se conoce exactamente cuánto del agave producido en Oaxaca se emplea para mezcal, se realizó un pequeño análisis reflexivo, en donde estimamos cuanto mezcal se puede producir (con un rendimiento promedio de 20 kg de agave para un litro de mezcal) con el volumen de agave que se produce en los distritos de Miahuatlán, Tlacolula y Yautepec, y se observa como el agave de la región puede atender una parte considerable del mezcal en el estado y a nivel nacional (

Gráfica 5).

Gráfica 5. Volumen de mezcal que se produce a nivel nacional, estatal y el volumen de agave producido en los distritos de estudio y el mezcal que potencialmente se puede producir con ello.



PROBLEMÁTICAS

A continuación, se presenta una relación de problemáticas y recomendaciones realizadas por diferentes autores (ver anexo 2), para mejorar y asegurar la continuidad de los productores y la producción de agave y mezcal de manera sustentable y socialmente responsable, así como la buena salud de los ecosistemas.

Las problemáticas se clasificaron en cinco categorías, cada una con varias subdivisiones y las recomendaciones fueron agrupadas para cada subdivisión:

- Problemáticas en el manejo y cultivo de agave (Tabla 21).
- Problemáticas en la producción de mezcal (Tabla 22).
- Problemáticas de productores de agave (Tabla 23).
- Problemáticas de productores de mezcal (Tabla 24)
- Problemáticas de envasadores y comercializadores (Tabla 25)

En general se tienen las siguientes observaciones:

- Falta capacitación constante para que se apliquen técnicas de manejo sustentable y buenas prácticas, es necesario promover viveros de especies nativas, incentivar el uso de subproductos de las pencas del agave y promover policultivos (agroforestales) en áreas agrícolas y monocultivos de agave a manera de restauración, en áreas en donde la agricultura no sea posible por las condiciones del suelo, falta promover la cero deforestación.
- Falta capacitación administrativa, de gestión y comercialización de los productores, no se cuenta con estructuras comunales integradoras que promuevan el manejo de los recursos planeado y organizado de forma participativa.

Tabla 21. Problemáticas y recomendaciones relacionadas con las prácticas de manejo y cultivo de agave



Tabla 22. Problemáticas y recomendaciones para la producción de mezcal.



Tabla 23. Problemáticas y recomendaciones relacionadas con los productores de agave.

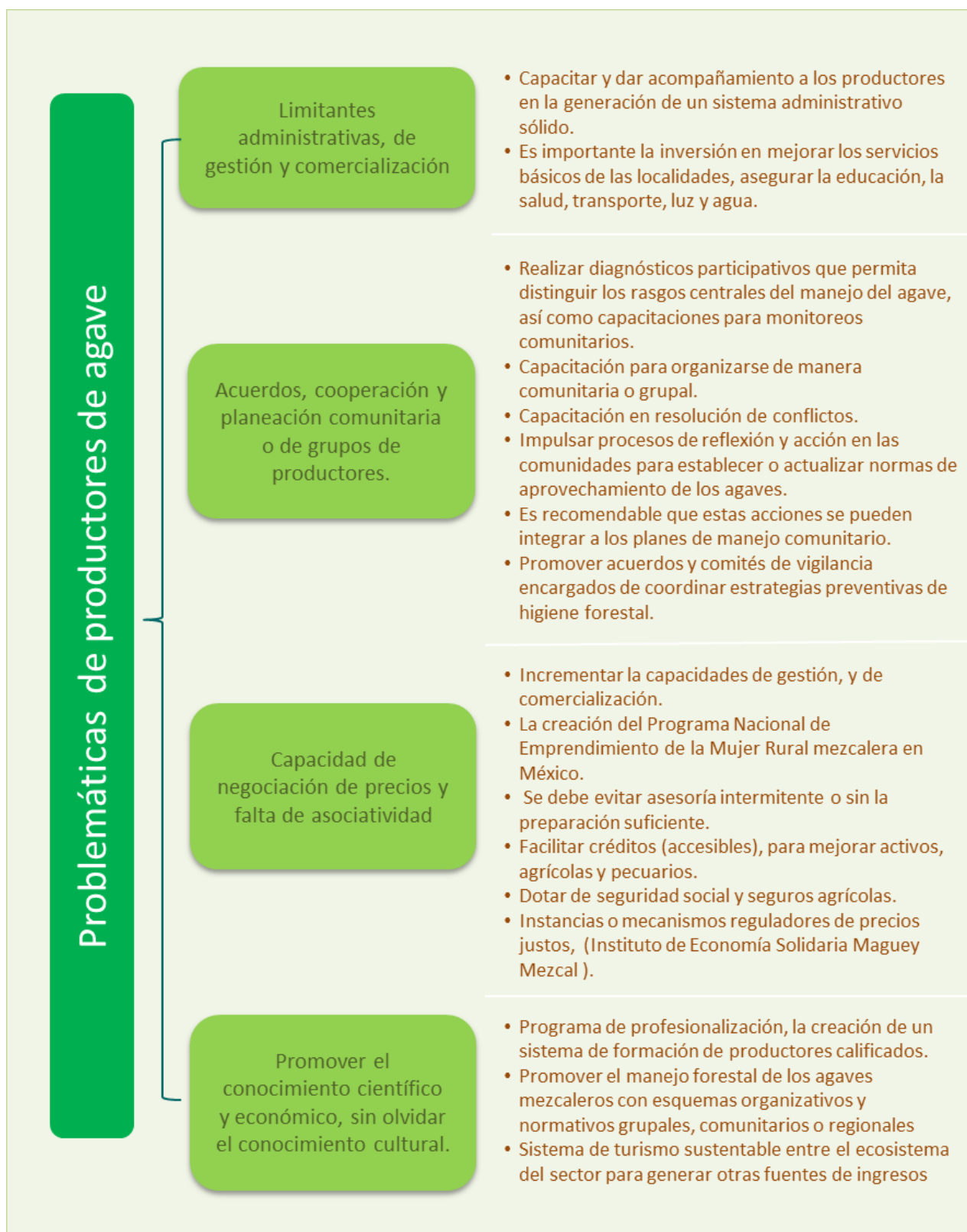


Tabla 24. Problemáticas y recomendaciones relacionadas con los productores de mezcal.

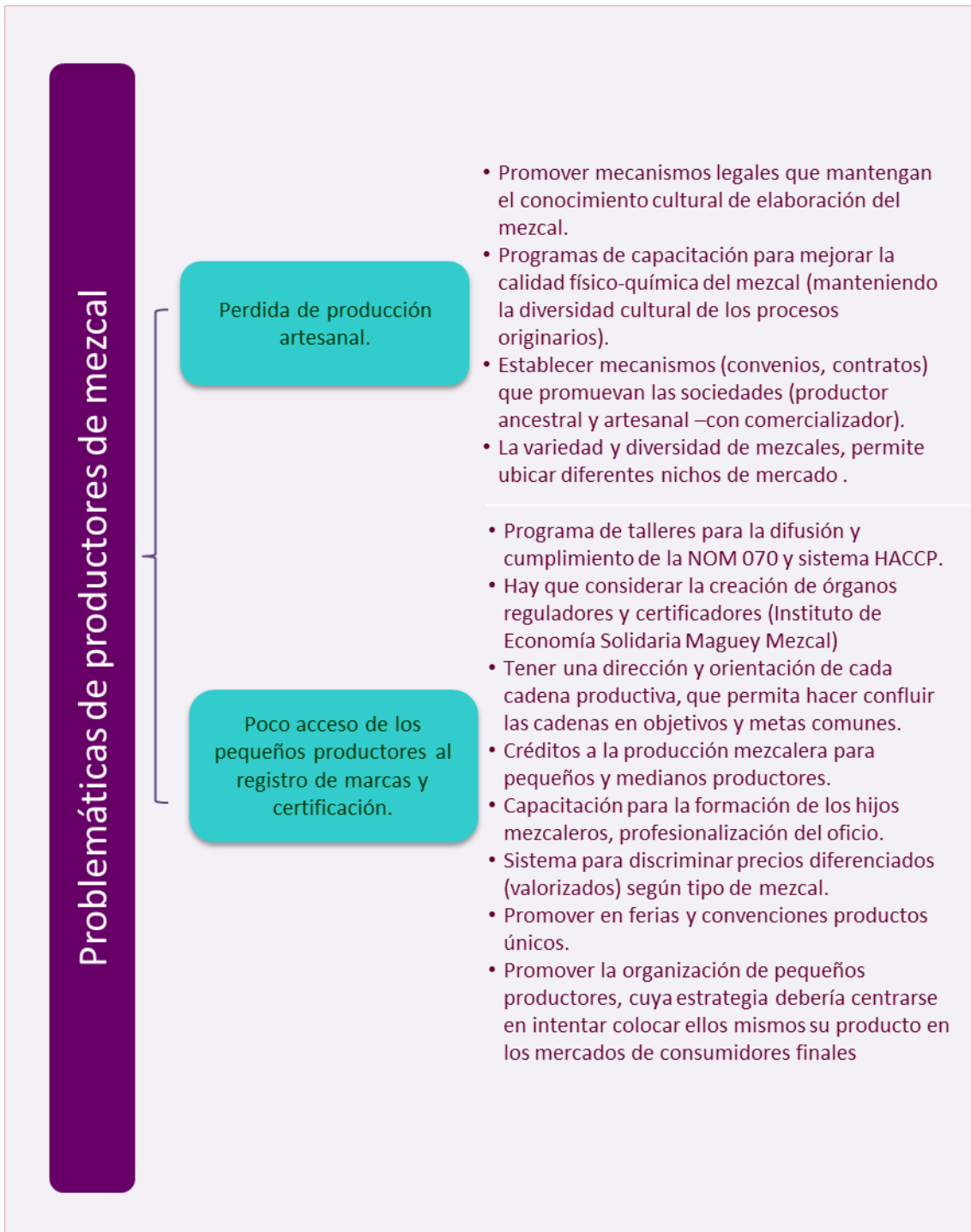


Tabla 25. Problemáticas y recomendaciones relacionadas con el envasado y comercializadores.



SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Existe una fuerte relación entre las comunidades humanas y los ecosistemas. Las actividades productivas que sostienen a las comunidades o ciudades, se han estructurado partiendo de los recursos y servicios que proporcionan los ecosistemas, los cuales han sido modificados o impactados en diferente escala (Gómez-Pompa & Kaus, 1992).

Los ecosistemas son en donde convergen entramados procesos biológicos en donde interaccionan diferentes componentes (organismos bióticos y el medio abiótico), el ser humano forma parte de un componente representativo dentro de los ecosistemas, por su capacidad de impactarlos y modificarlos tanto en su estructura y en su funcionamiento (Moreno Casasola, y otros, 2006).

No existe una sola definición de servicios ecosistémicos, desde su origen en los movimiento de los años 60 y 70, diferentes autores han abordado su definición, en donde en su mayoría coinciden en que son aquellos **bienes o servicios que los humanos obtienen de la naturaleza, directa o indirectamente**. Otra definición un poco diferente es la planteada por Boyd y Banzhaf (2007) (citados por Fisher, et al., 2009), que mencionan que los servicios de los ecosistemas no son los beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas, sino los componentes ecológicos directamente consumidos o disfrutados que producen el bienestar humano, es decir, que los servicios ambientales dependen de la forma de como los seres humanos los emplean, indistintamente de la estructura y función de los ecosistemas, ya que lo que el ser huma hace es “**tomar**” de manera pasiva o activa **aquellos aspectos de los ecosistemas para producir el bienestar humano** (Sánchez-Gómez & Rocha-Gil, 2014).

El concepto de servicios ecosistémicos evoluciona desde la ecología con criterios de valoración denominándose bienes y servicios ambientales, esenciales en el funcionamiento de los ecosistemas, el suministro de bases primarias para la producción de alimentos y el bienestar humano (Costanza et al., 1997; MEA, 2005; TEEB, 2010" extraído de (Caro-Caro & Torres-Mora, 2015)Pg.240).

En el contexto económico, se plantea que la pérdida de servicios ecosistémicos dependientes de la biodiversidad probablemente acentúa "la desigualdad y la marginación de los sectores más vulnerables de la sociedad, al disminuir su acceso a los tangibles básicos para una vida saludable y reducir su libertad de elección y acción", por ello son necesarias las inversiones en la conservación, restauración y uso sostenible de los ecosistemas para generar beneficios ecológicos, sociales y económicos sustanciales (extraído de (Caro-Caro & Torres-Mora, 2015) Pg.243).

Si bien hay ciertas controversias sobre la definición de los servicios ecosistémicos, también se han dado ciertas complicaciones al momento de clasificarlos. La clasificación más empleada y aceptada es la de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio del 2005, la cual integra la sustentabilidad ecológica, la conservación de la biodiversidad y el bienestar humano, en los análisis para entender las consecuencias que se originan con los cambios en los ecosistemas (Camacho Valdez & Ruíz Luna, 2012), ver anexo 3.

Algunos autores como Wallace (2007) considera que se debe de tener claro cuáles son los procesos (medios) para obtener los servicios ecosistémicos y cuáles son los propios servicios ecosistémicos (fin o propósito) para poder facilitar la evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos (este autor considera que la clasificación anterior no es del todo útil para la valoración, porque no distingue los SE de los procesos). Este autor realiza una clasificación en donde propone cuatro categorías de valores humanos (recursos suficientes, protección de depredadores/enfermedades/parásitos, condiciones ambientales propicias y cumplimiento

De Groot, Wilson y Boumans (2002) presentan una clasificación de los servicios según las funciones del ecosistema de la siguiente forma:

1. Funciones de regulación: Este grupo de funciones se refiere a la capacidad de los ecosistemas naturales y semi-naturales para regular los procesos ecológicos esenciales y los sistemas de soporte de vida a través de los ciclos biogeoquímicos y otros procesos de la biósfera. Además de mantener la salud del ecosistema (y la biósfera), estas funciones de regulación ofrecen muchos servicios que tienen **beneficios directos e indirectos** para los seres humanos, como **el aire limpio, el agua y el suelo, y los servicios de control biológico**.
2. Funciones de hábitat: Los ecosistemas naturales proporcionan refugio y hábitat de reproducción de plantas y animales silvestres y por lo tanto, **contribuyen con la conservación (in situ) de la diversidad biológica y genética y procesos evolutivos**.
3. Las funciones de producción: Fotosíntesis y nutrientes absorbidos por los autótrofos convierten la energía, dióxido de carbono, agua y nutrientes en una amplia variedad de estructuras de hidratos de carbono que luego son utilizados por productores secundarios para crear una variedad aún mayor de la biomasa viva. Esta amplia diversidad de estructuras de carbohidratos proporciona muchos bienes de los ecosistemas para el consumo humano, que van desde **alimentos y materias primas a los recursos energéticos y el material genético**.
4. Funciones de información: Dado que la mayor parte de la evolución humana se llevó a cabo en el contexto del hábitat salvaje, los ecosistemas naturales proporcionan una función de referencia "esencial" y contribuyen al mantenimiento de la salud de las personas, proporcionando oportunidades para la **reflexión, el enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, la recreación y la experiencia estética**.

sociocultural) y sus asociaciones con los servicios ecosistémicos (Camacho Valdez & Ruíz Luna, 2012), ver anexo 4.

Otros autores que consideran la importancia de conceptualizar los servicios intermedios y los finales son Turner et al., (2008), quienes dividen a los servicios ecosistémicos en “servicios intermedios” y “servicios finales” y van a depender de la relación que se tenga con el bienestar humano, de tal forma que permite visualizar la conexión entre los procesos del ecosistema y los servicios que benefician a los humanos (el mismo servicio puede ser tanto intermedio como final, en este caso solo se valoran los beneficios finales, se evita una doble contabilización, ver anexo 5) (Camacho Valdez & Ruíz Luna, 2012).

Existen otras clasificaciones, Ojea et al., (2012) realiza una comparación entre varios autores en donde muestran como algunos distinguen entre beneficios y servicios: Boyd y Banzhaf, 2007; Fisher y Turner, 2008; Bateman, et al., 2011. Esto es porque (para ellos), “*los servicios son los procesos de los ecosistemas que se relacionan con el bienestar, mientras que los beneficios son los resultados de servicios de los ecosistemas y la relación directa con el bienestar humano (y por lo tanto tienen un significado económico)*” (Sánchez-Gómez & Rocha-Gil, 2014)pp.9. Por lo que, algunos autores defienden la valoración de servicios de los ecosistemas por sí mismos: Fisher et al, 2009; Boyd y Banzhaf, 2007, mientras que otros defienden la valoración de ambos, los servicios de los ecosistemas y los beneficios como elementos separados: Wallace, 2007, citado por Ojea, et al., 2012 en (Sánchez-Gómez & Rocha-Gil, 2014).

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LOS CUALES DEPENDE LA PROVISIÓN DE AGAVE Y MEZCAL.

Para la identificación de los servicios ecosistémicos relacionados con el sistema producto agave-mezcal, se determinó tomar como base, los procesos y las funciones que se desarrollan en los ecosistemas para poder obtener el “servicio final”, en este caso para la producción de agave y mezcal; así como los beneficios obtenidos y producidos directa o indirectamente de los ecosistema en donde se encuentra los agaves silvestres y cultivados; por ejemplo el material para construcción, energía, diversidad biológica, cultural y alimenticia (incluyendo el mezcal), ver Ilustración 6, Ilustración 7, Ilustración 8.

En cuanto a los servicios ecosistémicos que son requeridos para la preparación del mezcal, independientemente del tipo de producción, se determinó que principalmente son el agua y la energía que para ello puede ser empleada leña o gas LP.

Los servicios ecosistémicos que se identificaron son el resultado de la revisión y análisis de la literatura existente, de estos se analizó cuáles son relevantes para la valoración de la producción y sostenibilidad de la cadena de valor, determinando que los servicios de regulación son aquellos que poseen las cualidades más significativas de los ecosistemas y con los que se puede contar suficientes datos para desarrollar la valoración de los servicios.

SOPORTE.

Son aquellos necesarios para la producción de todos los otros servicios de los ecosistemas. Se diferencian de los de provisión, regulación y culturales en que sus efectos en las personas se presentan de manera indirecta y se producen durante un tiempo muy largo, mientras que los cambios en las otras categorías tienen impactos relativamente directos y de corto plazo en las personas, los servicios de soporte que se consideran con mayor relevancia para los agaves son:

- La formación de suelos y ciclos de nutrientes, elementos básicos para el establecimiento de las plantas.
- La productividad primaria, corresponde a la energía fijada por la fotosíntesis de las plantas.
- La polinización, se incluye como parte de procesos evolutivos, que determinan diferencias genéticas entre especies.

REGULACIÓN.

Son los que mantienen los procesos y funciones naturales de los ecosistemas, para el agave se identificaron nueve diferentes servicios ecológicos, de los cuales cuatro están relacionados con el servicio de soporte de formación de suelos y ciclos de nutrientes, cuatro relacionados con la productividad primaria y uno con el servicio de soporte de polinización, el cual es el servicio de regulación de polinización. Los servicios de regulación son los siguientes:

- Saneamiento del agua, un suelo “sano” permite la captación del agua de lluvia, a la vez que va filtrándola y mineralizándola, además de que en él se llevan a cabo reacciones químicas que pueden desactivar o reducir la toxicidad de los contaminantes.
- Flujo hidrológico (recarga y descarga), sin este proceso los cultivos no podrían darse, si el suelo pierde su capacidad de absorber el agua de las lluvias (por ejemplo, un suelo compactado), podrían generarse inundaciones, erosión hídrica del suelo, deslaves, entre otros problemas que afectan directamente a la sociedad y a los ecosistemas.
- Retención del suelo, este servicio implica que los suelos posean las condiciones óptimas de textura y cobertura para su función como sustrato estable, está fuertemente relacionado con el tipo de suelo, la geomorfología (pendientes), la cobertura vegetal, el grado de compactación, los flujos hidrológicos y la intensidad de las lluvias.
- Regulación de nutrientes, este servicio involucra la materia orgánica y su descomposición, la presencia de microfauna asociada (bacterias, protozoarios, artrópodos y nematodos), los ciclos biogeoquímicos (incluye su alta capacidad de almacenamiento de carbono y otros minerales), y características de importancia para la productividad de los suelos (ej: pH, conductividad eléctrica), que permiten tener un suelo con los suficientes nutrientes para las plantaciones y la rentabilidad de las cosechas.
- Regulación del clima (precipitación, temperatura, purificación del aire), los agaves a pesar de tener alta tolerancia a sobrevivir en diferentes variables climáticas, estas también son determinantes en cuanto a la velocidad de maduración por ejemplo (acortando o incrementando los años para la cosecha) y el tamaño de los individuos (kg/planta).
- Captura de carbono, este servicio es de gran importancia global, la disminución de la capacidad de captura de carbono de los bosques y selvas, influye por ejemplo en los procesos del cambio climático, el cual acarrea una serie de desequilibrios climáticos, afectando en todos los ámbitos, en particular a los sistemas agrícolas con eventos de sequías, inundaciones y plagas. Cabe notar, que el agave es considerado una especie con alta capacidad de captura de carbono (de 30 a 40 toneladas de CO² por hectárea) (Cummis, 2021).
- Hábitat para polinizadores (polinización), la pérdida de hábitats por causa de deforestación, incendios o cambios de uso de suelo, afecta la biodiversidad en general, en particular la el hábitat de los polinizadores es crucial por su importancia ecológica y agrícola (polinización de cultivos).

- Polinización de cultivos y flora silvestre, en este sentido el servicio, se refiere a la relación directa con la productividad de las cosechas y la fecundación de especies silvestres.
- Equilibrio ecológico (hábitat), los ecosistemas es una trama compleja de relaciones entre los organismos y su medio, mantener los procesos ecológicos, la biodiversidad y el entorno físico estable es esencial para que los ecosistemas puedan proveernos diferentes servicios y bienes.

PROVISIÓN.

Servicios de provisión son recursos tangibles y finitos, que pueden o no ser renovables. Los ecosistemas que están en relación con la producción de los agaves y la producción del mezcal proveen:

- Suministro de agua limpia, para cultivos, consumo humano (y sus actividades productivas del sector secundario y terciario), fauna silvestres y animales de corral (actividad pecuaria).
- Suelos húmedos, capacidad del suelo de retener la humedad, es clave para garantizar las cosechas, tanto de agave como de otros productos.
- Suelos estables, no erosionados, el sustrato es esencial para cultivos y para la estabilidad de los ecosistemas, de igual forma se reducen riesgos de deslaves, desgajamientos de cerros, entre otros.
- Suelos fértiles (producción de alimentos), básico para la producción de agave y otros productos (agropecuarios y forestales).
- Biomasa vegetal (productos maderables y no maderables), estos servicios los proveen los diferentes tipos de vegetación en donde se encuentran los agaves, son los empleados para diferentes usos como son maderas para la construcción (algunos agaves también son usados para este fin), plantas de ornato (incluyendo especies de agave), plantas medicinales, entre otros.
- Energía, el uso de leña es esencial para los productores de mezcal, usan principalmente encino, además de que es de uso cotidiano en la casa para la preparación de alimentos.
- Alimentos recolectados de montes (frutos, semillas, raíces, hongos, etc), estos servicios son básicos para la seguridad alimentaria de las familias de las zonas rurales.
- Biodiversidad, de plantas y ecosistemas generan una gama de hábitats en donde viven una variedad de animales, insectos, hongos, empleados por las comunidades de la zona para diferentes usos.
- Recursos del bosque y selva (flora).
- Alimento, la producción agropecuaria depende de la capacidad de los ecosistemas para el establecimiento de áreas de pastoreo, y áreas para cultivos y su correcto equilibrio y presencia de polinizadores.

Estos recursos generan beneficios para la sociedad como son:

- ✓ Agua potable, agua para cultivos y animales.
- ✓ Reducción de deslaves y sedimentación.
- ✓ Áreas productivas (sector primario).
- ✓ Frutos y diversidad de flora.
- ✓ Resistencia a plagas y enfermedades de cultivos y flora silvestre.
- ✓ Permiten las prácticas agrícolas (producción de frutos, granos, semillas por medio de polinización).
- ✓ Recursos forestales maderables de bosques y selvas.
- ✓ Recursos forestales No maderables de bosques y selvas.
- ✓ Producción ganadera (alimento, áreas de pastoreo, sombra para ganado).

Algunos beneficios de mayor relevancia para la producción de agaves son:

- ✓ La diversidad y riqueza de agaves.
- ✓ Resistencia a plagas y enfermedades de los agaves.
- ✓ Vigor genético de los agaves (polinización-reproducción sexual-semillas).
- ✓ Suelos para fijación de los agaves.
- ✓ Agua disponible para los cultivos.

El agave además de beneficiarse de los servicios ecosistémicos, también genera beneficios para los ecosistemas y para la sociedad como son:

- ✓ La captura de CO₂, el agave captura altas cantidades de CO₂.
- ✓ Absorción del agua, ayuda a la recarga y saneamiento del agua.
- ✓ Estabilidad del suelo, las raíces de los agaves reducen la erosión de suelo.
- ✓ Al establecerse en suelos poco fértiles son una opción para que las personas puede producir, alimentarse, y obtener ingresos.
- ✓ Del agave se obtienen fibras, materiales de construcción, alimento y también son considerados como especies ornamentales.

CULTURALES

Son productos de percepciones individuales o colectivas y dependen del contexto socio-cultural e intervienen en la interacción de las sociedades con su entorno; pueden ser tangibles o intangibles. Estos incluyen:

- El conocimiento y las costumbres ligadas a la forma de producir alimentos (manejo de suelo, conocimiento de suelos, de ciclos y temporadas, de cultivos).
- El conocimiento y manejo de semillas criollas, enfermedades y plagas.
- Conocimiento y manejo de la biodiversidad de flora y fauna (medicinal, ceremonial, de ciclos biológicos, de especies, etc).
- Conocimiento cultural de manejo y medios de colecta de frutos, hongos, insectos, productos maderables y no maderables, para diversos usos cotidianos.
- Paisajes culturales, apreciación y conocimiento.
- Identidad cultural.
- Turismo.

Ilustración 6 . Beneficios que obtiene la producción de agave de los servicios ecosistémicos, partiendo de la formación de suelo y ciclo de nutrientes

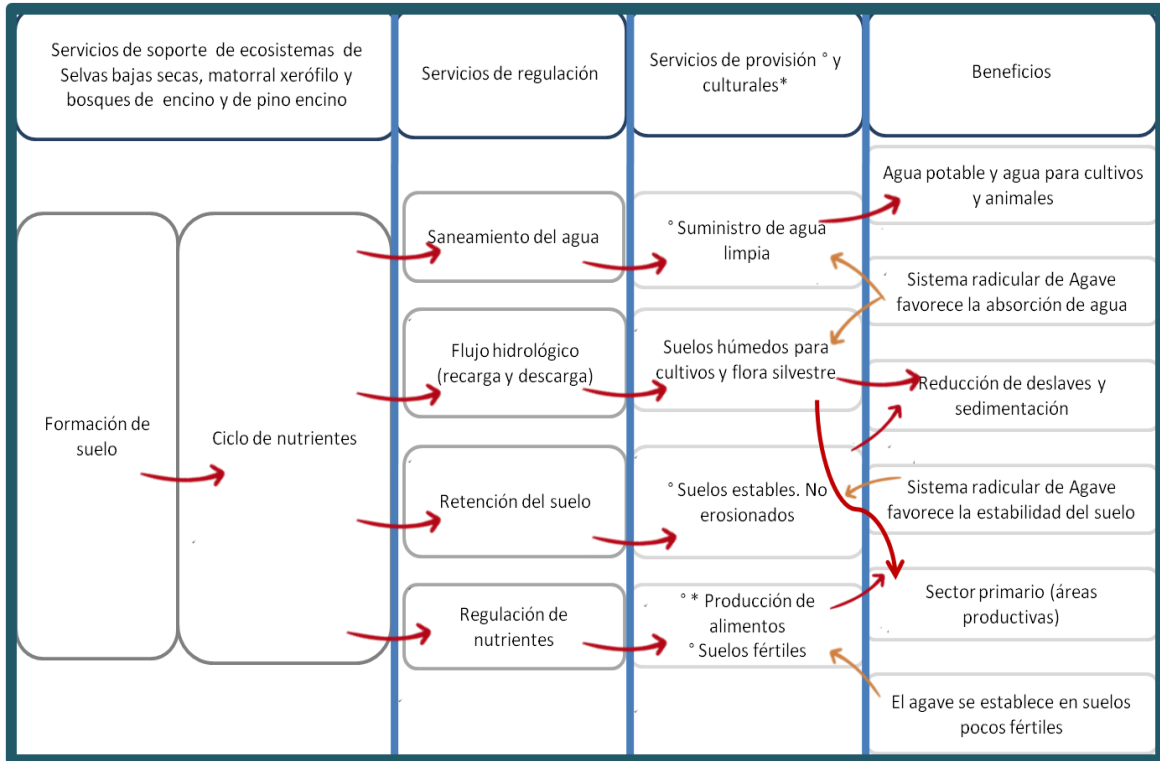


Ilustración 7. Beneficios que obtiene la producción de agave de los servicios ecosistémicos, partiendo de la polinización.

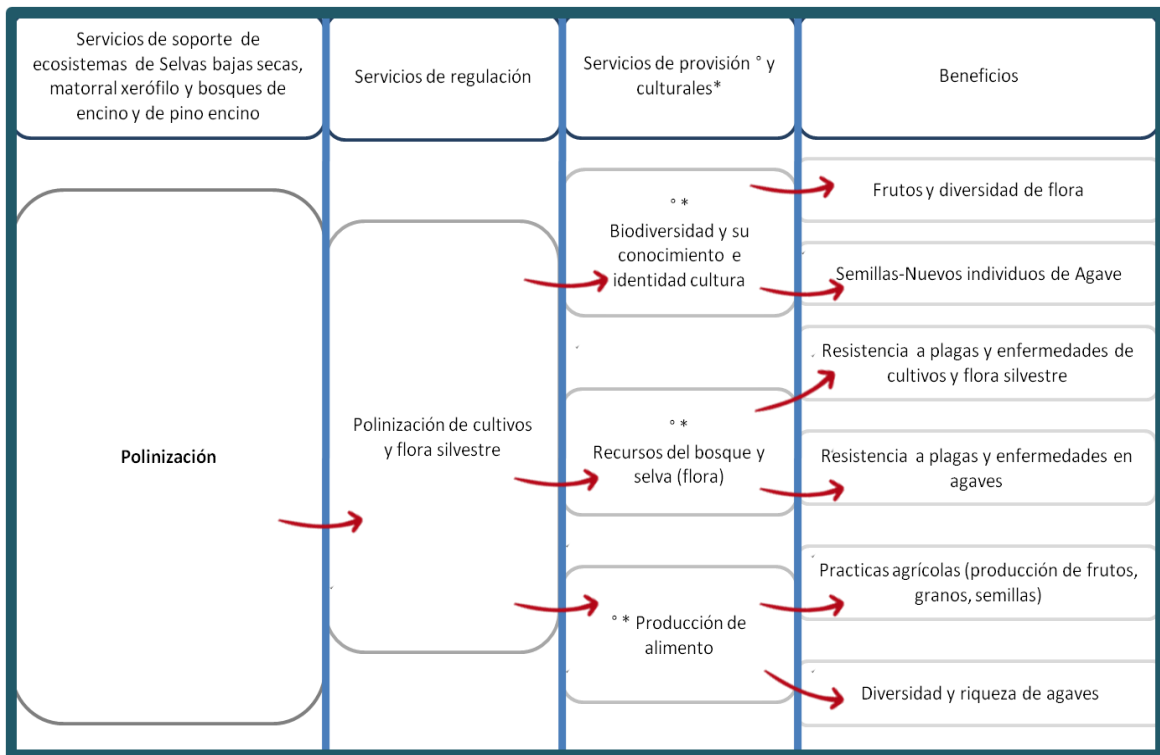
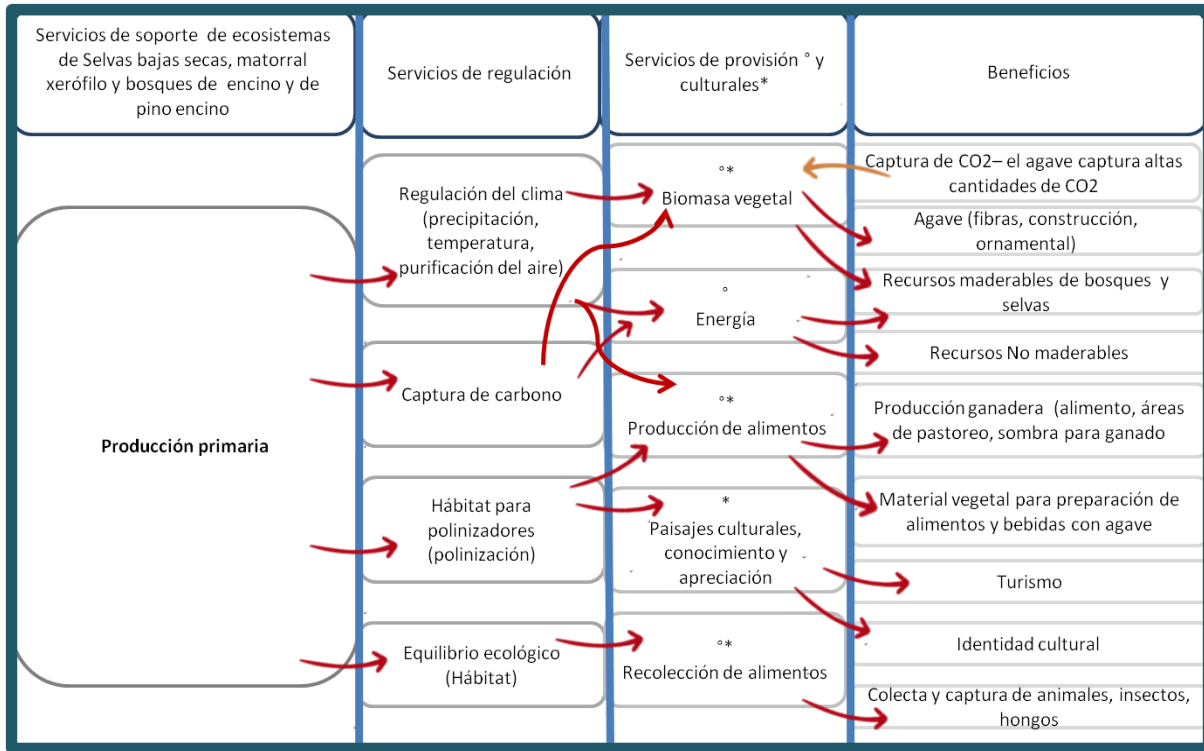


Ilustración 8. Beneficios que obtiene la producción de agave de los servicios ecosistémicos, partiendo de la producción primaria



EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTEMICOS (LINEA BASE)

De acuerdo a la metodología ELD (ELD Initiative, 2014), para poder valorar los beneficios de la gestión sostenible, es necesario conocer los impactos que se pueden obtener con la implementación de acciones de sustentabilidad en los modelo de producción del agave y mezcal.

Pero antes se debe de conocer la **situación actual de los servicios ecosistémicos** en función de la productividad de agave-mezcal.

Para la elaboración de la línea base se siguieron los siguientes pasos:

- Identificar los servicios ecosistémicos que están relacionados con la producción de agave y mezcal.
- Identificar las presiones o amenazas que degradan o impactan negativamente los servicios ecosistémicos.
- Evaluar o medir la condición actual en la que se encuentran los servicios ecosistémicos seleccionados para el estudio.

AMENAZAS, CAUSAS E IMPACTOS DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS RELACIONADOS CON LA CADENA DE VALOR AGAVE-MEZCAL.

El estado actual de los servicios ecosistémicos (línea base) permite conocer y valorar, cuáles han sido los impactos generados por las actividades que se desarrollan en la producción y extracción del agave (silvestre, monocultivo y policultivo) y otras actividades productivas de las cuales depende la población local para satisfacer sus necesidades y generar ingresos.

Se identificaron algunos de los incentivos y acciones que están provocando la degradación o pérdida de los servicios ecosistémicos de los cuales depende la producción del agave y el mezcal, tanto los que se encuentran de manera silvestre y en los cultivos (Tabla 26), de ellos, destacan como amenazas para los ecosistemas la deforestación o pérdida de cobertura forestal y la degradación del paisaje ya que a raíz de estas se pueden perder diversos servicios ecosistémicos, que impactan a su vez en la rentabilidad de la producción del agave..

Tabla 26. Acciones relacionadas con la cadena de valor agave-mezcal que impulsan prácticas que amenazan los servicios ecosistémicos.

Incentivos	Acciones que amenazan los ecosistemas	Perdida de servicios o bienes que brindan los ecosistemas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento en la demanda de mezcal (mercado nacional e internacional). ▪ Mayor demanda de agave para la producción de tequila. 	<p>Se incentiva el establecimiento de monocultivos y con ello la:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Deforestación ○ Contaminación 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de biodiversidad (flora y fauna). - Pérdida de polinizadores. - Pérdida de pool genético (de agave y otras especies). - Pérdida de seguridad alimentaria (productividad del suelo). - Pérdida de calidad del suelo y agua por la contaminación de agroquímicos. - Pérdida del conocimiento tradicional del manejo agroforestal. - Incendios.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Especulación sobre los precios ▪ Agro-Emprendurismo para el establecimiento de monocultivos 	<p>Se incentiva a la extracción de individuos silvestres y con ello la:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Degradación de la vegetación 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de biodiversidad (de agaves). - Pérdida de hábitat de polinizadores. - Pérdida de vigor de los agaves silvestres. - Reducción de poblaciones de agave. - Cambio en la composición y estructura de la vegetación original.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apoyos de gobierno para establecimiento de cultivos (sin especificaciones) 	<p>Se incentiva el cambio de uso de suelo y con ello la:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Degradación del suelo (erosión) ○ Deforestación 	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de erosión y pérdida de nutrientes del suelo. - Desplazamiento de especies nativas por especies invasoras. - Pérdida de hábitat. - Cambios en el régimen hidrológico y de recarga de acuíferos. - Reducción de la capacidad de captura de CO2. - Pérdida de biodiversidad

Incentivos	Acciones que amenazan los ecosistemas	Perdida de servicios o bienes que brindan los ecosistemas
técnicas-sostenibles-o acompañamiento), dirigido a unos cuantos		- Incendios
	Empresas destiladoras ○ Deforestación ○ Degradación	- Pérdida de biomasa - Pérdida de saberes tradicionales - Pérdida de identidad

AMENAZAS AMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN DE AGAVE.

Las amenazas son las presiones y las fuentes que las causan. Las presiones se definen como el daño funcional o la degradación de los atributos ecológicos de los servicios ecosistémicos, que reduce su viabilidad; es causada directa o indirectamente por el ser humano. Las fuentes son las causas próximas de la presión; son las actividades humanas no sostenibles (Granizo, 2006).

Las amenazas evaluadas a continuación están en base al conocimiento de expertos, que consideraron la evaluación en base al tipo de vegetación en donde se establecen los agaves de forma natural (matorrales xerófilos, bosques de encino y pino-encino, y selvas tropicales secas), los cuales también presentan las condiciones agroclimáticas para establecer cultivos.

Las amenazas seleccionadas por este grupo de expertos¹⁸, fueron evaluadas según su severidad, su alcance y su irreversibilidad¹⁹ (Granizo, 2006) (anexo6), resultando que las más importantes son la pérdida de cobertura forestal y la degradación de los ecosistemas (Simonit S. A., 2020) ver anexo 7.

- La **pérdida de cobertura forestal**, en donde se han perdido los componentes, atributos y estructura de vegetación, en este caso solo se identificaron dos fuentes de presión para cada tipo de vegetación (anexo7 y Tabla 27) los incendios forestales y los cambios de uso de suelo. De estos hemos de destacar la agricultura tradicional y comercial, como aquellas causas directamente relacionadas con la producción de agave.

¹⁸ El análisis de amenazas se realizó en el marco del proyecto “Plan de inversión para el desarrollo rural bajo en emisiones del Estado de Oaxaca” ejecutado entre 2019 y 2020 por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza).

¹⁹ Esto permite identificar cuáles de las amenazas y fuentes de presión tienen mayor posibilidad de disminuir o eliminarse en caso de establecer mecanismos que reduzcan la pérdida o degradación de los servicios ecológicos (anexo7).

Tabla 27. Presiones y fuentes de presión que causan la pérdida de cobertura forestal de los ecosistemas en donde se desarrolla el agave.

Fuente: (Simonit S. A., 2020).

Fuentes de Pérdida de cobertura forestal	Matorral xerófilo	Selvas secas	Bosque
Incendios forestales	<p><i>Generados por la:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cacería, • Actividades agropecuarias, • Basureros, • Turismo, • Conflictos agrarios y • Tormentas eléctricas 	<p><i>Generados por la:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cacería, • Actividades agropecuarias, • Basureros, • Turismo 	<p><i>Generados por la</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cacería, • Actividades agropecuarias, • Basureros, • Turismo, • Conflictos agrarios, • Incendios por líneas eléctricas, • Deslindes
Cambio de uso de suelo	<p><i>Generado por la:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Urbanización, • Agricultura comercial y tradicional, • Minería, • Las vías de comunicación, • Rellenos sanitarios, • Ganadería intensiva 	<p><i>Generado por la</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Urbanización, • Agricultura comercial y tradicional, • Banco de materiales, • Las vías de comunicación, • Ganadería intensiva y extensiva 	<p><i>Generado por la</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Urbanización, • Agricultura comercial y tradicional, • Minería, • Inundaciones, • Movimientos en masa, • Las vías de comunicación, • Ganadería intensiva y extensiva

- La **degradación** es la disminución de la capacidad de los ecosistemas de mantener una condición interna estable, reduciendo su productividad, las fuentes de degradación halladas fueron actividades de borde, incendios, erosión y cambio climático (anexo 7), de las causas relacionadas con el aprovechamiento del agave se encontraron la extracción de maderables y no maderables (incluyendo agave silvestre), la agricultura tecnificada (uso de agroquímicos, fuego, salinidad) y agricultura tradicional de temporal, actividades de borde e incendios forestales. En cuanto la degradación causada por el cambio climático, resulta de importancia para la continuidad de la producción del agave y de otros medios de subsistencia de las comunidades de la región, ya que los efectos pueden resultar en daños económicos severos y la vulnerabilidad de la población incrementar considerablemente (Tabla 28 **Error! Not a valid bookmark self-reference.**).

Tabla 28. Presiones y fuentes de presión que causan la degradación de los ecosistemas en donde se desarrolla el agave.

Fuentes de degradación de los ecosistemas	Matorral xerófilo	Selvas secas	Bosque
Actividades de borde,	<p><i>Generados por la:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Extracción de productos maderables y no maderables, • Basureros a cielo abierto, • Especies invasoras, minería, • Ganadería extensiva e intensiva, • Agricultura tecnificada y de temporal 	<p><i>Generados por la:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Extracción de productos maderables y no maderables, • Basureros a cielo abierto, bancos de material, • Minería, • Ganadería extensiva e intensiva, • Agricultura de temporal 	<p><i>Generados por la:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Extracción de productos maderables y no maderables, • Basureros a cielo abierto, • Bancos de material, minería, • Ganadería extensiva e intensiva, • Agricultura de temporal
Incendios forestales	<p><i>Generado por la:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades agropecuarias, • Cacería, • Turismo y • Basureros a cielo abierto 	<p><i>Generado por la:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades agropecuarias, • Cacería, • Turismo y • Basureros a cielo abierto 	<p><i>Generado por la:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades agropecuarias, • Cacería, • Turismo y • Basureros a cielo abierto
Erosión	<p>Generada por</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades de borde e • Incendios 		
Cambio climático	<p>Generando</p> <ul style="list-style-type: none"> • Huracanes, • Modificaciones del proceso fenológico, • Sequías, • Inundaciones y • Plagas 	<p>Generando</p> <ul style="list-style-type: none"> • Huracanes, • Modificaciones del proceso fenológico, • Sequías, • Inundaciones y • Plagas 	<p>Generando</p> <ul style="list-style-type: none"> • Huracanes, • Modificaciones del proceso fenológico, • Sequías, • Inundaciones y • Plagas

Del análisis de las amenazas realizado por los especialistas, se obtuvo que las principales causas que afectan la pérdida de cobertura forestal del matorral xerófilo, selvas y bosque, es:

- El cambio de uso de suelo, en específico por los asentamientos humanos y las vías de comunicación.

La principal causa de la degradación de los ecosistemas para el matorral xerófilo es:

- La erosión y el cambio climático.

La principal causa de la degradación de los bosques y selvas el que ejerce mayor presión es:

- El cambio climático.

AMENAZAS AMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN DE MEZCAL

Para la preparación del mezcal, independientemente del tipo de producción, se emplean a parte de las piñas de agave (para producir un litro de mezcal, es necesario entre 11 y 35 kg de piñas -de manera ancestral- o entre 6 y 20 kg de piña -de manera artesanal o tecnológico), también se emplea agua y leña y como producto de desecho se generan vinazas (que son el bagazos y agua residual del preparado).

La **leña** para el proceso es escasa y su precio va incrementando, siendo las maderas más empleadas las de pino, encino, mezquite, huizache y órgano (Martínez Tenorio, 2017), (FAO, 1991). Esta leña puede proceder del desmonte por algún cambio de uso de suelo, de un aprovechamiento comercial (con métodos de desarrollo silvícola) y del clandestinaje o extracción sin permisos, generando desde una degradación de la vegetación primaria o secundaria, hasta generar la deforestación de áreas boscosas. El valor de un metro cubico de leña procedente de áreas comerciales (en donde se hace un manejo, con actividades como marqueo, corte, derribo, troceo, rajado, arrime y comercialización), puede ser de entre \$50 y \$80 pesos (FAO, 1991).

- De acuerdo datos del Instituto Tecnológico de Oaxaca /ITO, y de la FAO (1991), para producir un litro de mezcal, se requieren entre 7-8 kg a 10 kg de leña (0,0083 m³ aproximadamente). Esto significa que con 1 m³ de madera, se producen 125 litros de de mezcal (se utiliza una camioneta de 3 tons. - 3 metros cúbicos aproximadamente - de leña, por una con piñas de agave- aprox 4 toneladas-).
- Si se considera que la producción promedio de cada palenque es de 30,000 lt/año, esto significa un consumo de 240 m3 de leña o 24 toneladas anuales para una producción de 5,600 litros.
- Para la destilación se puede sustituir la leña por gas LP, pero para la cocción de las piñas es necesaria la leña, lo que se ha conseguido es hacer hornos más eficientes, sin embargo esta tecnología aun es inaccesible para muchos productores.

El **agua**, también es un bien escaso en la región y se estima que durante la destilación, se utiliza una gran cantidad de agua, ya que no se cuenta con un sistema de recirculación para el enfriamiento del agua, se estima que por ello se pueden emplear 6000 litros de agua para obtener 300 litros de mezcal, es decir que para un litro de mezcal se han utilizado 20 litros de agua (hasta 30 litros en la industria), esto es un problema mayor al considerar que es una región en donde puede llegar a ser un bien escaso.

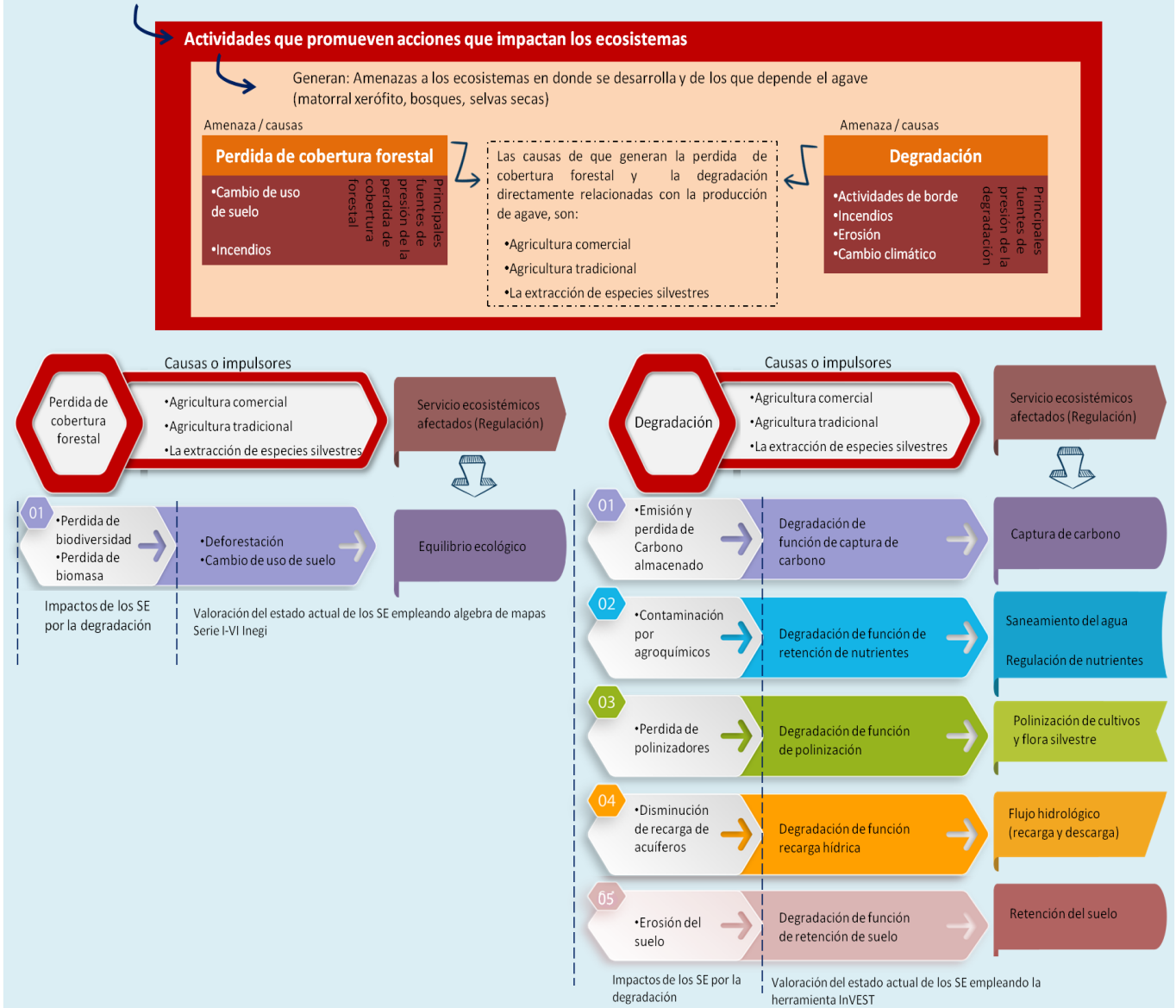
Las **vinazas**, pueden contaminar los cuerpos de agua, son corrosivas y su misma acides hace que sean difíciles de degradar para los organismos, al tirarse a cielo abierto o en cuerpos de agua generan un problema ambiental y de salud, ya que los residuos pueden atraer vectores portadores de enfermedades.

EVALUACIÓN ESPACIAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (LÍNEA BASE).

El objetivo de este apartado es evaluar la condición actual de los servicios ecosistémicos. Implica estimar el impacto de las amenazas a los servicios ecosistémicos relacionados con el agave, identificando las áreas afectadas (transformadas) o degradadas. El análisis se realizó en relación a los servicios de regulación que ofrecen los ecosistemas (equilibrio ecológico, captura de carbono, regulación de nutrientes, polinización, flujo hidrológico y retención del suelo), ya que de estos depende la continuidad de la cadena de valor agave-mezcal (Ilustración 9).

Ilustración 9. Secuencia lógica usada para la evaluación del estado actual los servicios ecosistémicos.

Estado actual de los servicios ecosistémicos (Línea base)



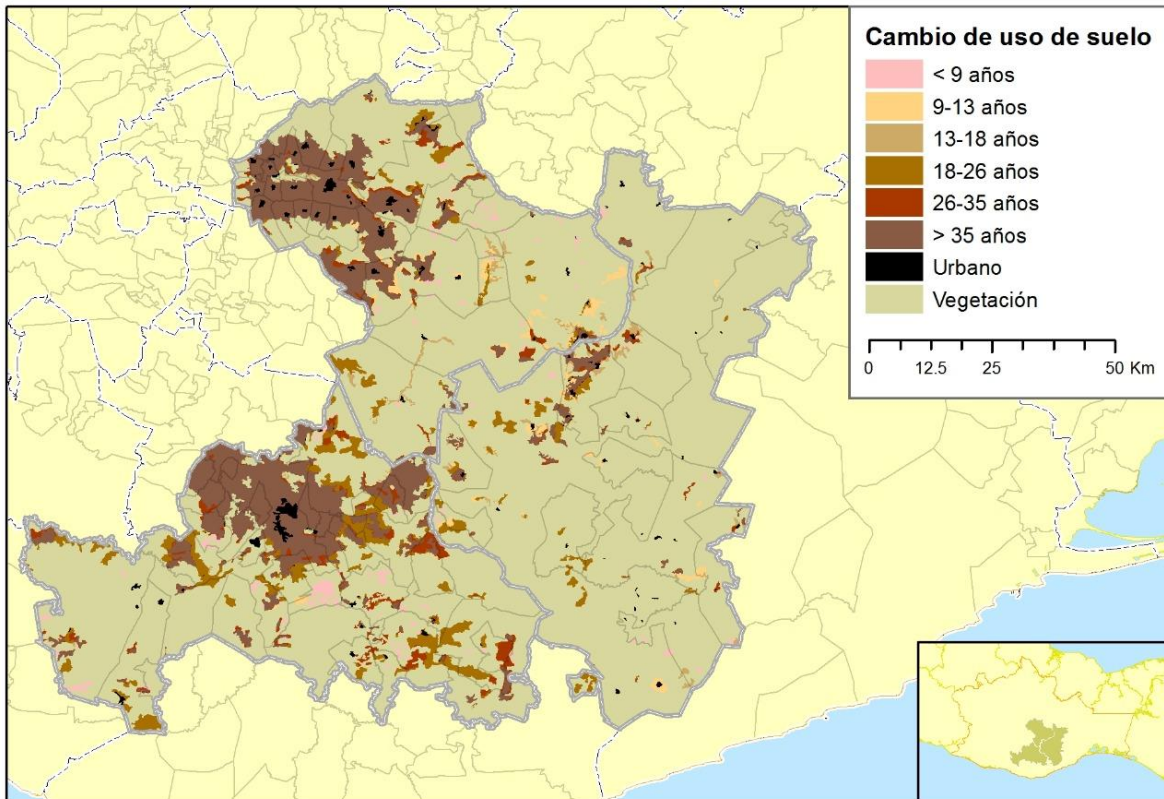
PERDIDA DE COBERTURA FORESTAL POR CAMBIO DE USO DE SUELO.

La transformación o pérdida de cobertura forestal (tasas de deforestación) se evaluó a partir del análisis de cambio de uso de suelo, utilizando como insumos los mapas de vegetación y uso de suelo del INEGI (INEGI, 1985, 1994, 2002, 2007, 2011 y 2014).

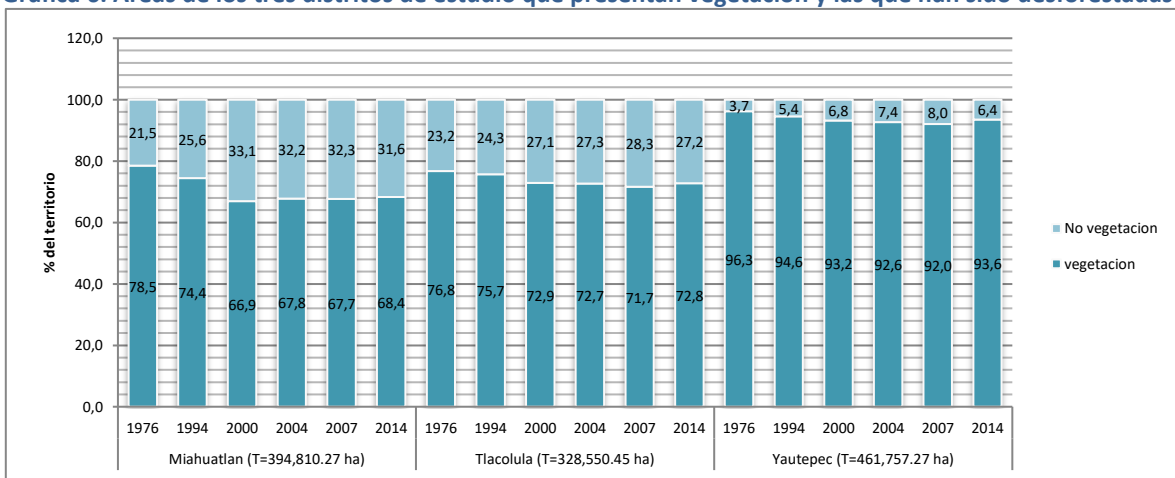
De acuerdo a los datos del INEGI, de 1974 al 2014 se han deforestado en total en los tres distritos 243,952.5 ha y se han mantenido con vegetación 941,165.5 ha, es decir que se deforestó en los últimos 45 años 20.6% del territorio que abarcan los tres distritos de estudio.

El distrito que presenta mayor pérdida de vegetación es Miahuatlán (con el 31% de su territorio deforestado esto es 124,954.88 ha del distrito), seguido de Tlacolula (con el 27.2 % de su territorio deforestado, es decir 89,260.719 ha) y Yautepec tiene una deforestación de 36,888.86 ha (es decir el 8% de su territorio), este proceso se ha ido incrementando gradualmente (ver Ilustración 10 y Gráfica 6).

Ilustración 10. Mapa de la dinámica de deforestación en el área de estudio.



Gráfica 6. Áreas de los tres distritos de estudio que presentan vegetación y las que han sido desforestadas



La dinámica del uso de suelo en los distritos ha sido cambiante, la agricultura y ganadería se han extendido. Para ello se analizó este cambio de 1985 al 2014, a través de datos del INEGI vegetación Series I, II, III, IV, V y

VI (INEGI, 1985, 1994, 2002, 2007, 2011 y 2014). Resultando que la agricultura, que se establecieron hace menos de 9 años denominada “agricultura reciente” representa un total de 24,814.4 hectáreas, siendo el distrito de Miahuatlán el que ha tenido mayor apertura de áreas agrícolas recientes con 15,811.9 ha, seguido de Tlacolula con 7,704.5 y Yautepec con 1,298 ha. La agricultura permanente es aquella que está establecida desde hace más de 36 años para los tres distritos es un total de 80, 114.2 ha y la agricultura con tendencia permanente es aquella que se ha establecido hace 26 y 35 años ocupando un total de 76,456.18 ha.

DEGRADACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.

Para el análisis de degradación de los servicios ecosistémicos, se utilizaron los modelos generados por InVEST (Simonit S. A., 2020), 1) la retención de sedimentos, 2) la recarga hídrica, 3) la retención de nutrientes, 4) la captura de carbono y 5) la polinización. Estos se evaluaron de acuerdo a cinco gradientes de degradación en donde 1 es degradación nula o sin degradación, 2 es baja degradación, 3 es degradación moderada, 4 en degradación alta y 5 es degradación muy alta, el valor máximo.

DEGRADACIÓN DE LA FUNCIÓN DE CAPTURA DE CARBONO

Con este análisis lo que se expresa es la pérdida de capacidad del ecosistema para capturar y almacenar carbono, este análisis está en función principalmente a la biomasa aérea, biomasa bajo el suelo y el carbono del suelo. La cartografía utilizada para estimar el índice de funcionalidad de captura de carbono se generó aplicando el modelo de Almacenamiento y Captura de Carbono (“Carbon Storage and Sequestration”) de la herramienta de análisis espacial InVEST (Sharp, et al., 2018).

La mayor proporción del territorio presenta una baja degradación (61%) de la capacidad de captura de carbono (Ilustración 11), siendo Miahuatlán el distrito que presenta mayor proporción de su territorio con degradación de moderada a muy alta (31.8%) ver Tabla 29.

Ilustración 11. Mapa de degradación de la función de captura de carbono en el área de estudio.

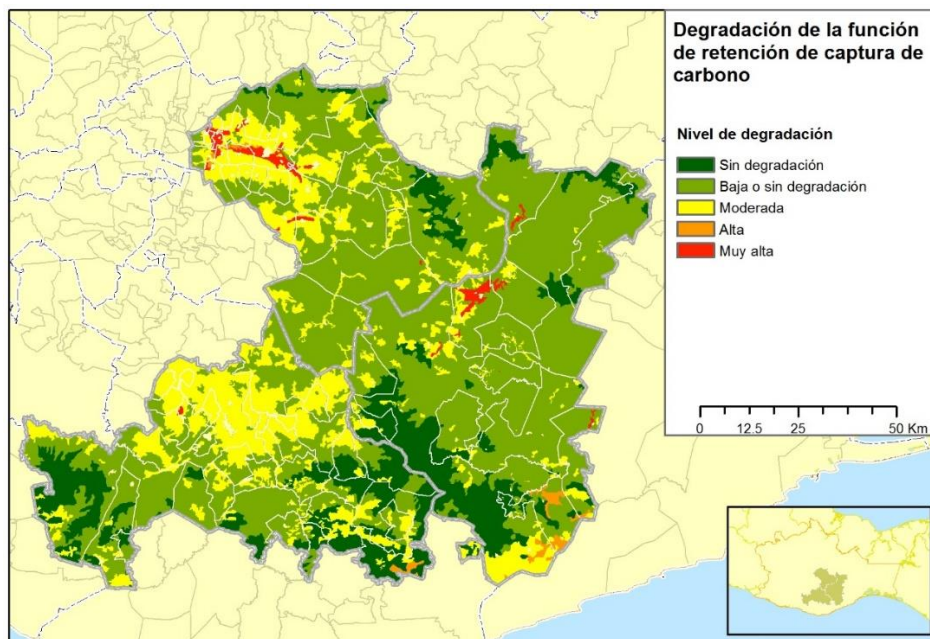


Tabla 29. Superficie (hectáreas) del área de estudio con diferentes grados de degradación de la función de captura de carbono de los ecosistemas.

	Sin degradación CO2_1	Baja CO2_2	Moderada CO2_3	Alta CO2_4	Muy alta CO2_5
Miahuatlán	90,040	177,735	123,386	1,431	312
Tlacolula	16,550	222,023	78,012	1,354	7,409
Yautepec	83,806	329,137	37,390	5,363	4,658
Total general	190,396	728,895	238,788	8,148	12,379

DEGRADACIÓN DE LA FUNCIÓN DE RETENCIÓN DE NUTRIENTES

Un desbalance de nutrientes por el exceso de uso de agroquímicos ocasiona la pérdida de la microfauna, los suelos se salinizan, cambian las condiciones físicas y los suelos tienden a hacerse estériles, ya que los procesos biogeoquímicos se ven menguados. Con el análisis de degradación de la función de retención de nutrientes, lo que se observa, son los ecosistemas contaminados por el exceso de aportes de nitrógeno y fosforo (principalmente provenientes del uso de fertilizantes en agricultura y ganadería), es decir que los ecosistemas (la vegetación y los suelos), no son capaces de retener y fijar por su constante aplicación, promoviendo la contaminación de cuerpos de agua y del mismo suelo. El índice de funcionalidad y el relativo mapa de degradación para la función de retención de nutrientes se generaron a partir de un mapa de flujo de descarga de nutriente que se produjo aplicando el modelo de Tasa de Descarga de Nutrientes (“Nutrient Delivery Ratio”) de la herramienta de análisis espacial InVEST (Sharp, et al., 2018 en (Simonit S. A., 2020).

En el mapa generado, se observa como la mayor degradación (moderada) se encuentra en los sitios en donde se encuentran establecidas las áreas de agropecuarias (Ilustración 12). Siendo Miahuatlán el distrito con mayor proporción de su territorio en condiciones de moderadas a muy altas (19%), ver Tabla 30.

Ilustración 12. Mapa de degradación de la función de retención de nutrientes en el área de estudio.

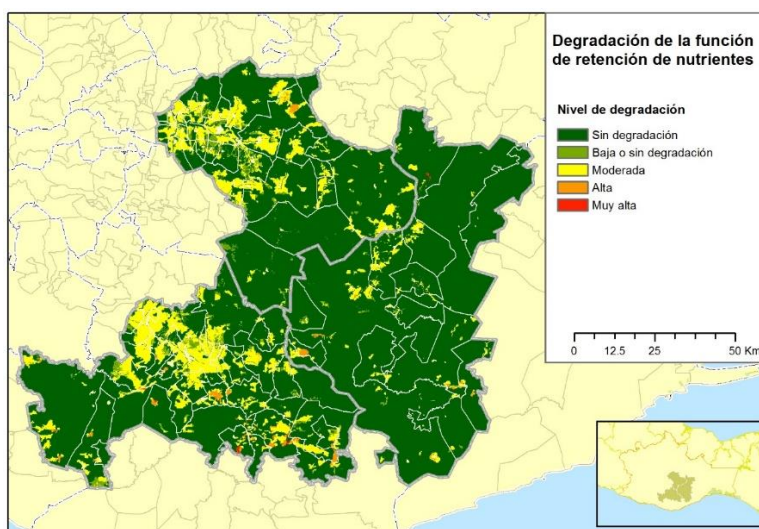


Tabla 30. Superficie (hectáreas) del área de estudio con algún grado de degradación de la función de retención de nutrientes de los ecosistemas.

	Sin degradación NUTR_1	Baja NUTR_2	Moderada NUTR_3	Alta NUTR_4	Muy alta NUTR_5
Miahuatlán	246631	71113	69447	5046	667
Tlacolula	226277	47921	49889	1261	0
Yautepec	363876	81583	13295	1488	112
Total general	836784	200617	132631	7795	779

DEGRADACIÓN DE LA FUNCIÓN DE POLINIZACIÓN

La pérdida del hábitat, disminuye la presencia de polinizadores, lo que afecta la capacidad de los ecosistemas de proveer este servicio esencial para los diversos cultivos de los que depende la sociedad. La función depende de las especies de polinizadores y su biología. El análisis se generó a partir del mapa de provisión de polinizadores que se produjo aplicando el modelo de Polinización de Cultivos (“Crop Pollination”) de la herramienta de análisis espacial InVEST (Sharp, et al., 2018), (Simonit S. A., 2020).

Se observa en el mapa que las regiones con muy alta degradación, son áreas de cultivo en su mayoría, el 14% del área de estudio se encuentra con muy alta degradación (Ilustración 13), siendo el distrito de Miahuatlán el que presenta mayor área con degradación de moderada a muy alta (29% de su territorio), ver Tabla 31.

Ilustración 13. Mapa de degradación de la función de polinización en el área de estudio.

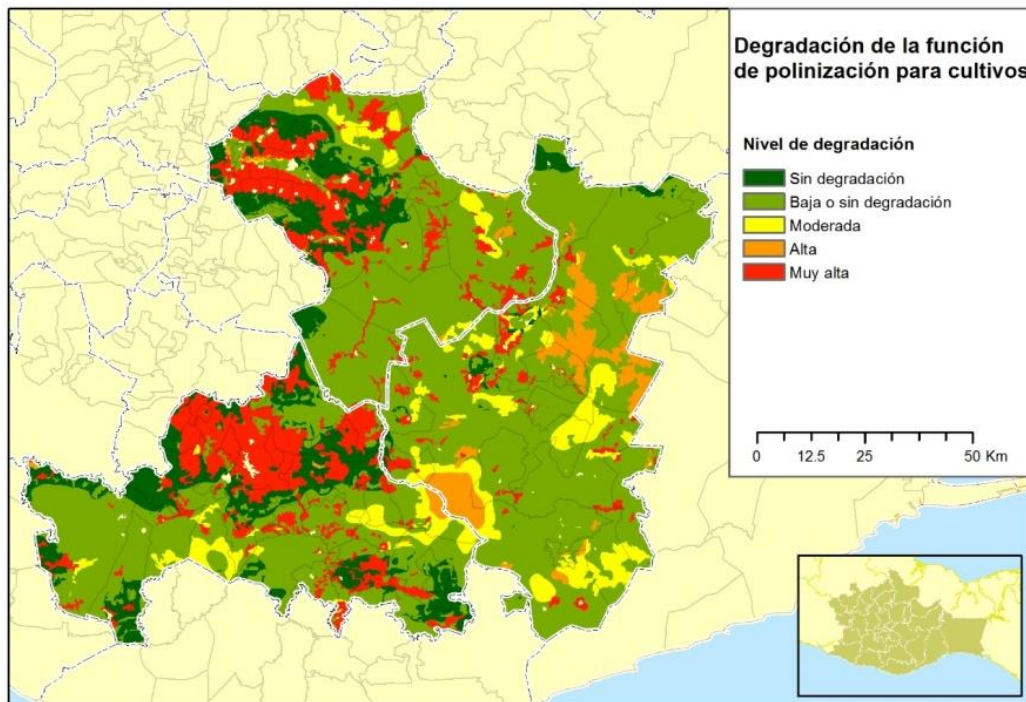


Tabla 31. Superficie (hectáreas) del área de estudio con algún grado de degradación de la función de polinización de los ecosistemas.

Etiquetas de fila	Sin degradación POL_1	Baja POL_2	Moderada POL_3	Alta POL_4	Muy alta POL_5
Miahuatlán	84,501	193,652	23,275	3,364	88,112
Tlacolula	50,753	192,325	14,557	3,051	64,661
Yautepec	11,032	336,190	50,757	44,659	17,716
Total general	146,286	722,167	88,589	51,074	170,489

DEGRADACIÓN DE LA FUNCIÓN DE RECARGA HÍDRICA Y APOORTE AL CAUDAL BASE

Este análisis nos sirve para evaluar las condiciones de las funciones hídricas de los ecosistemas, lo que nos dice son los lugares en donde los ecosistemas han perdido la capacidad de aportar o mantener el proceso hidrológico de forma estable. Para realizarlo se considera la precipitación, el flujo de escurrimiento rápido y evapotranspiración. Se aplicó el modelo de Producción Estacional de Agua (“Seasonal Water Yield”) de la herramienta de análisis espacial InVEST (Sharp, et al., 2018 en (Simonit S. A., 2020).

Se observa que la mayor parte del territorio de los tres distritos presenta una baja degradación cuanto a este análisis (Ilustración 14). Sin embargo Tlacolula en particular presenta aproximadamente un tercio de su territorio (110,452 ha) con una degradación Muy alta (Tabla 32).

Ilustración 14. Mapa de degradación de la función de recarga hídrica y aporte al caudal en el área de estudio.

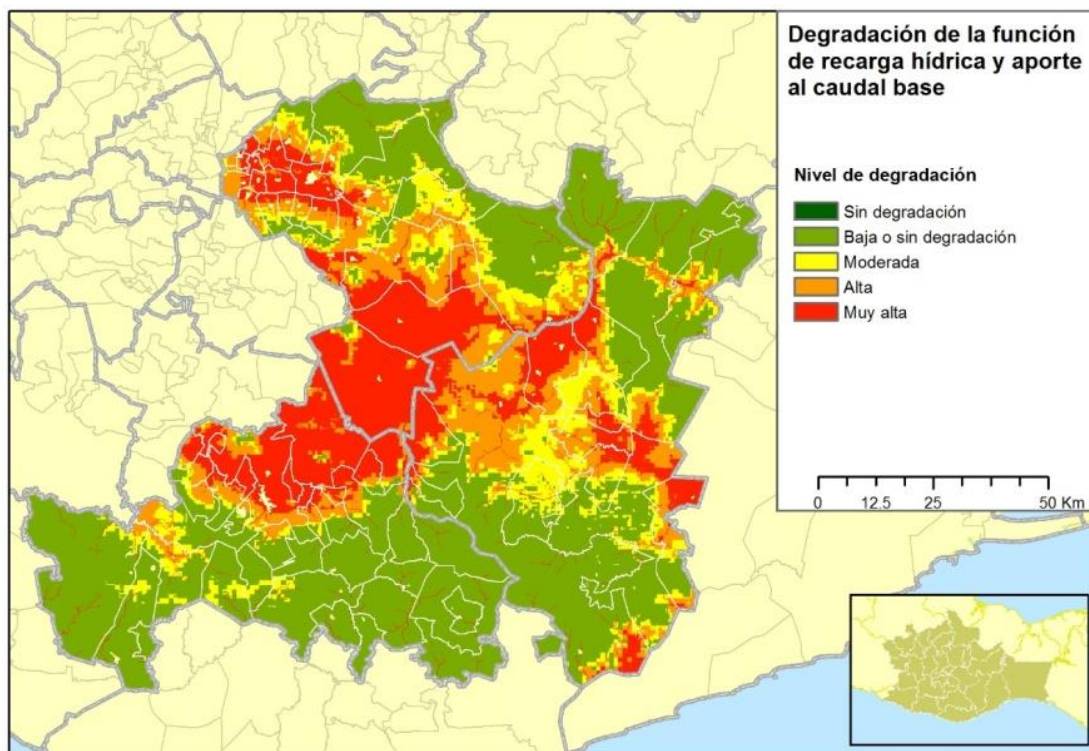


Tabla 32. Superficie (hectáreas) del área de estudio con algún grado de degradación de la función de recarga hídrica y aporte al caudal de los ecosistemas.

	Sin degradación HIDR_1	Baja HIDR_2	Moderada HIDR_3	Alta HIDR_4	Muy alta HIDR_5
Miahuatlán	0	266,992	22,264	30,867	72,781
Tlacolula	0	99,921	46,802	68,173	110,452
Yautepec	0	247,944	63,245	81,901	67,262
Total general	0	614,857	132,311	180,941	250,495

DEGRADACIÓN DE LA FUNCIÓN DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS

Este análisis permite distinguir las áreas que pierden más suelo (sedimentos que llegan a una red hidrológica), esta condición está fuertemente ligada a las características de las microcuencas, la cobertura vegetal y el uso de suelo. La retención del suelo, es un servicio ecológico crucial para el establecimiento de áreas agrícolas, esto implica que las áreas sin degradación deben de seguir conservándose en medida de lo posible, y en aquellas áreas tan degradadas que ya no es posible establecer cultivos, deben de ser restauradas, siendo una medida de restauración plausible, agaveras que retengan el suelo y resistan las condiciones de baja fertilidad y humedad de los mismos.

En su mayoría los tres distritos no presentan degradación en grandes extensiones de su territorio (Ilustración 15), siendo Miahuatlán el que presenta mayor proporción de su territorio con una degradación de moderada a muy alta (30.8%), ver Tabla 33.

Ilustración 15. Mapa de degradación de la función de retención de sedimentos en el área de estudio.

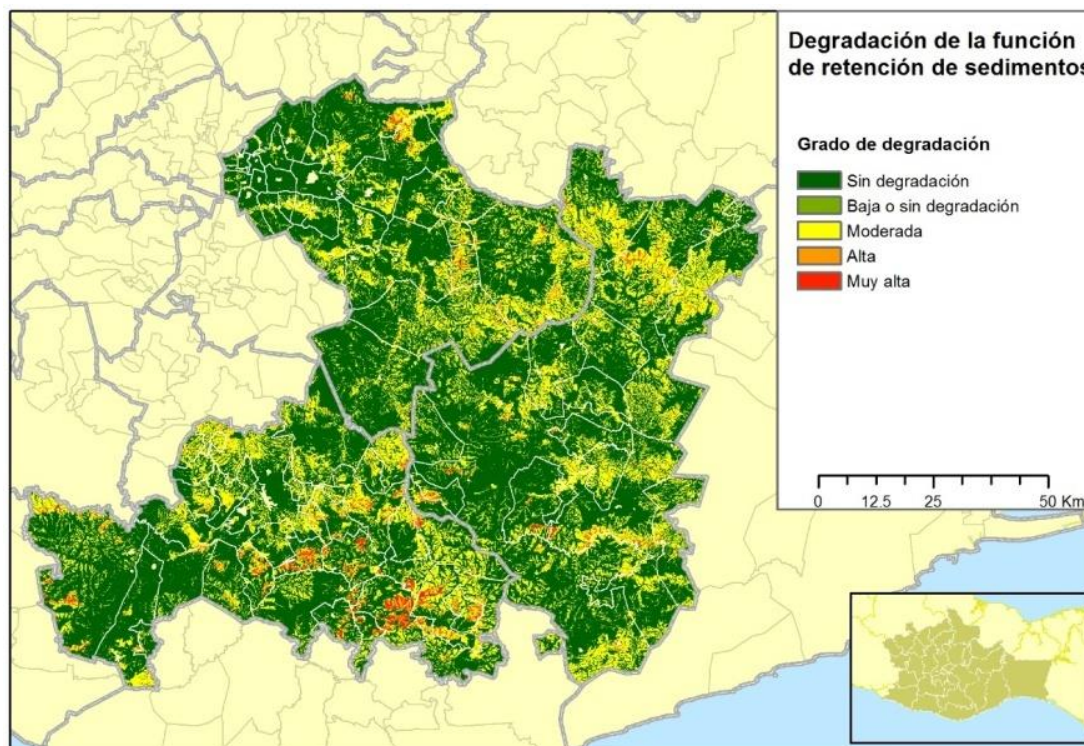


Tabla 33. Superficie (hectáreas) del área de estudio con algún grado de degradación de la función de retención de sedimentos de los ecosistemas.

	Sin degradación EROSION_1	Baja EROSION_2	Moderada EROSION_3	Alta EROSION_4	Muy alta EROSION_5
Miahuatlán	236,637	35,068	100,640	11,293	9,259
Tlacolula	212,263	32,372	74,801	3,869	1,986
Yautepec	288,223	42,107	121,151	5,666	3,171
Total general	737,123	109,547	296,592	20,828	14,416

ESCENARIOS DEL SISTEMA PRODUCTO AGAVE-MEZCAL

Para la producción de agave debemos primero que reconocer que se han documentado prácticas desarrolladas por grupos o comunidades, que han mantenido un manejo tradicional y sostenible del agave, sin embargo, la expansión de la industria, la falta de información y de planeación, han iniciado un proceso de degradación y pérdida de servicios ecosistémicos en las áreas de cultivos de agave para mezcal. Por lo que es necesaria una intervención guiada, oportuna y planificada, que permita el mayor beneficio económico y procure la perpetuidad de los servicios ecosistémicos.

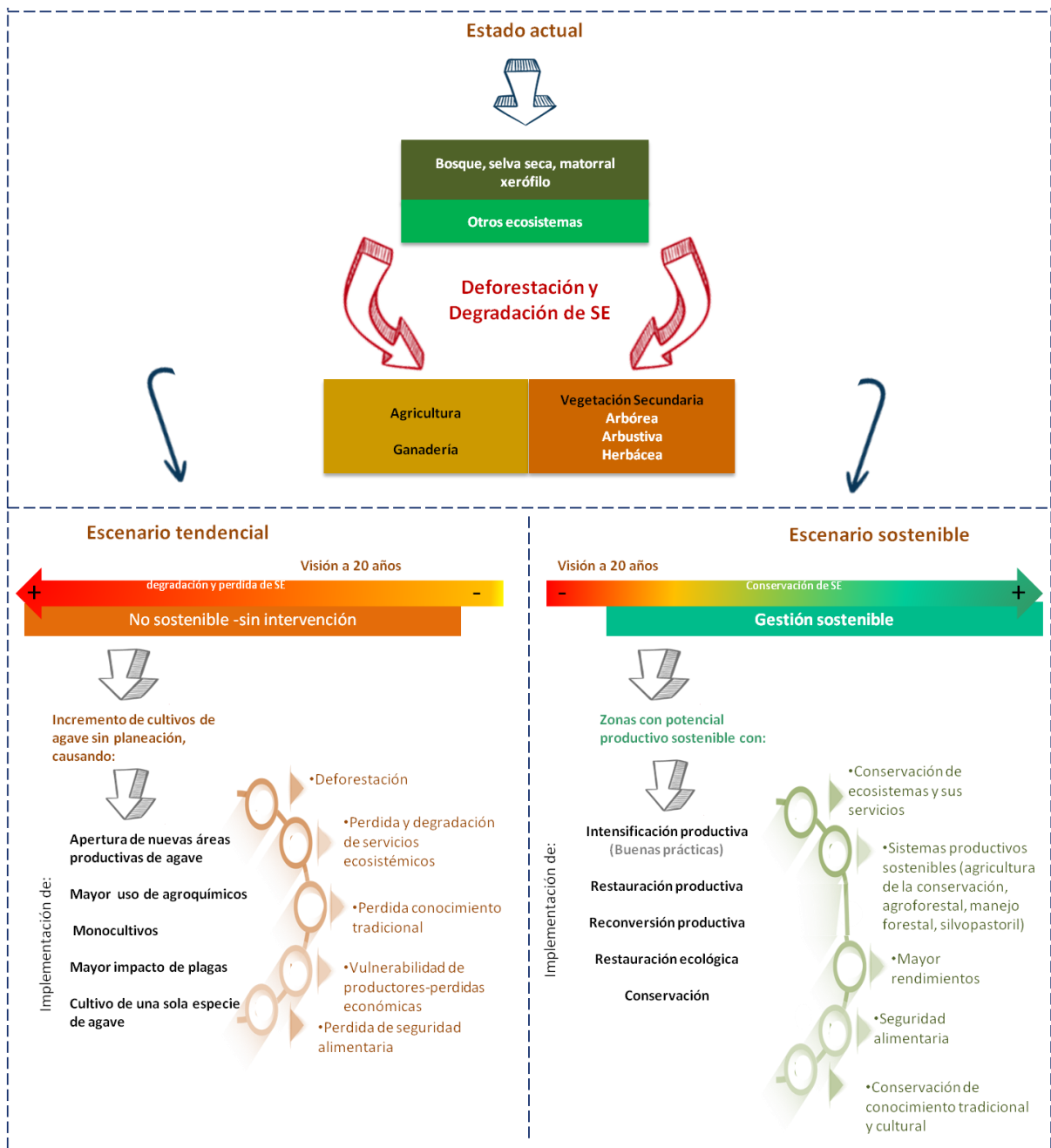
Una vez que se tienen identificados los servicios ecosistémicos relacionados con la cadena de valor agave-mezcal, y cuáles son sus principales amenazas y el estado actual de los servicios que proporcionan los ecosistemas para la producción de agave y mezcal. Se procede a la elaboración de los escenarios, con ellos es posible estimar los impactos que se generaran de continuar las acciones productivas según la tendencia actual, y cuáles serían los efectos de implementar acciones de sostenibilidad o mejores prácticas productivas.

En este sentido, la metodología determina que para poder estimar el costo ecológico y económico de no implementar una gestión sostenible de los ecosistemas se deben de implementar escenarios comparativos (ver Ilustración 16):

- Escenario *business as usual* (tendencial): que evalúa la degradación de los servicios ecosistémicos si las actividades antropogénicas se siguen desarrollando de la misma manera como se han hecho hasta el día de hoy, y sus efectos económicos sobre las actividades productivas de la región de estudio, esto en una proyección a 20 años.
- Escenario de sostenibilidad: este modelo permite evaluar los cambios positivos en los servicios ecosistémicos con la implementación de acciones de restauración y de una gestión sustentable de las actividades productivas (reconversión productiva e intensificación productiva con buenas prácticas agrícolas, restauración ecológica y conservación) y los impactos en la economía de la región.

A continuación se presentan los escenarios, estos son contruidos de acuerdo a la información de los servicios ambientales, el escenario tendencial o *business as usual*, se construye a partir de simulación a 20 años de la dinámica de los procesos a través del tiempo tal como ha ocurrido hasta la actualidad, mientras que los escenarios de sustentabilidad se construyen a partir de la aplicación de principios de gestión sustentables.

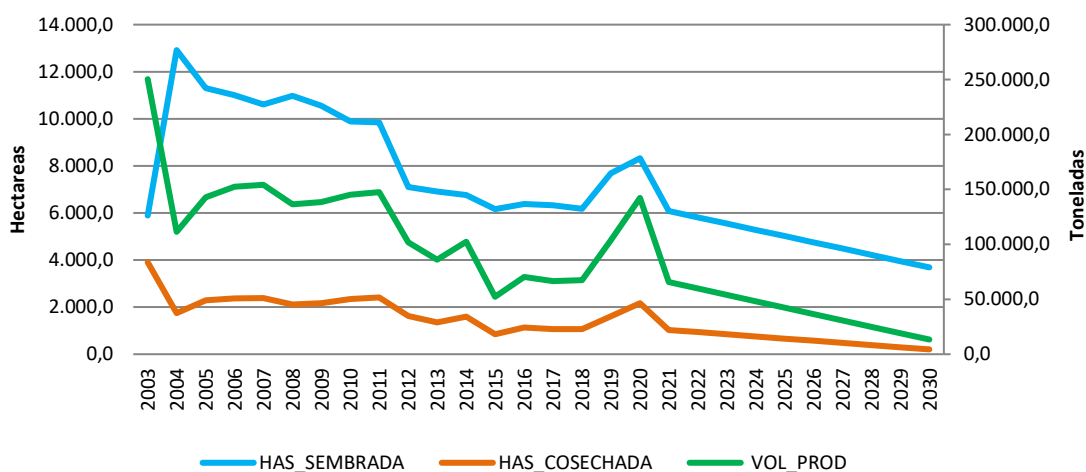
Ilustración 16. Esquema del desarrollo de los escenarios de sostenibilidad.



ESCENARIO BUSINESS AS USUAL.

Se realizó una proyección en Excel de los datos de hectáreas sembradas, cosechadas y el volumen de producción, en esta se observa que hay una tendencia a la disminución de la producción de agave, esta tendencia se presenta sin incluir las variables de degradación de la tierra, como son la erosión y la recarga hídrica, que afectan la productividad, ver Gráfica 7.

Gráfica 7. Escenario tendencial, en base a datos 2003-2019 del SIAP



Elaboración propia datos del SIAP 2003-2020

Con esta tendencia para el 2030 se produciría 13,356.4 ton de piñas y considerando que para un litro de mezcal se usa en aproximadamente 23 kg de piñas, estos distritos solo tendrían suficiente piñas para producir aproximadamente 580,714.17 litros de mezcal.

Para el 2019, el estado de Oaxaca aportó el 90.1% de la producción nacional certificada de mezcal (6,437,680 litros). Los distritos de estudio para el mismo año aportaron el 70.7% de la producción de piñas del estado (103,887.6 ton de piñas). Este volumen de agave, equivaldría a aproximadamente 4,516.852.17 litros de mezcal (aproximadamente el 70% de la producción de mezcal del Estado).

Es decir que la reducción de la producción de piñas de agave (aprox. 124.1%) y mezcal (aprox. 114.7%) en los distritos de estudio, podría afectar seriamente la producción de mezcal del estado de Oaxaca ya que estos distritos por varios años han sido los principales productores de agave en el estado.

En cuanto a la producción de mezcal que calculamos, cabe resaltar que son números aproximados, no podemos tener la completa certeza de que el agave cosechado (volumen de producción) en los distritos de estudio, sea destinado por completo a la producción de mezcal, ya que la producción puede ser destinada a la industria tequilera, a la elaboración de mieles, inulinas u otros productos de agave, esto se puede notar en la Gráfica 8 en donde entre el 2005 y 2010 la producción de mezcal en Oaxaca desciende, mientras que el volumen de piñas cosechadas es el máximo alcanzado en los registros.

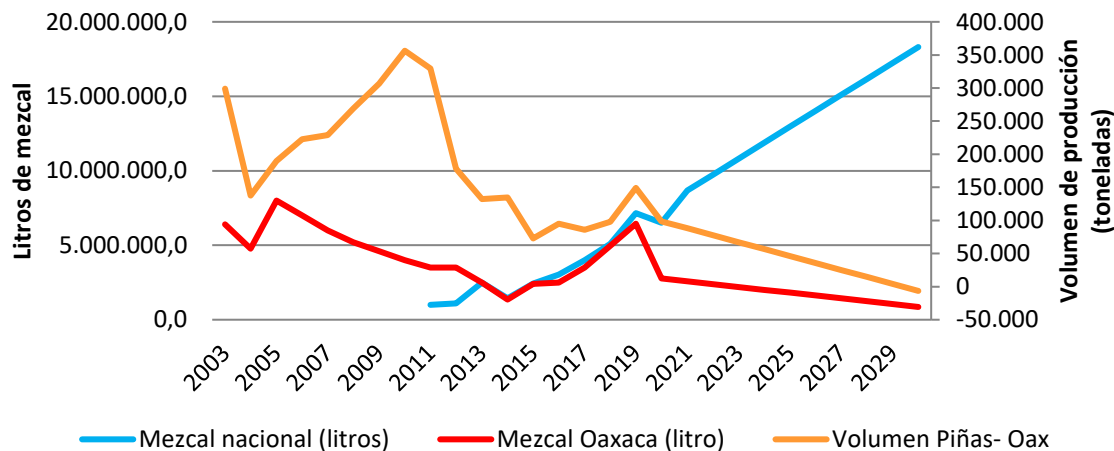
De igual forma la producción de mezcal reportada, solo cuantifica el mezcal certificado, dejando una gran interrogante sobre la cantidad de mezcal producido sin certificar.

También hay que tomar en cuenta que desde el 2014, se ha reportado un incremento constante en la producción de mezcal certificado en Oaxaca (Gráfica 8), a pesar de que el volumen cosechado no ha llegado a la cantidad de años anteriores.

La tendencia en la producción de mezcal nacional, muestra que es ascendente, sin embargo dado que se desconocen los datos previos al 2011 solo se nota el incremento que se ha presentado a partir de este año, sin considerar el desplome de la producción entre el 2005 y 2014 que sucedió en Oaxaca (y muy probablemente a nivel nacional).

A nivel nacional la producción de mezcal a incremento aproximadamente 393% en cinco años (pasando de 1,450,00 litros de mezcal en el 2014 a 7,150,000 litros en el 2019), superando la proyección realizada en el 2017 por la SAGARPA en donde se estimaba que para el 2019 se tendría una producción de mezcal a nivel nacional de aproximadamente 3,100,000 litros de mezcal.

Gráfica 8. Tendencia de la producción de mezcal en Oaxaca y a nivel nacional, y el volumen de agave producido en Oaxaca



De acuerdo a la información presentada en este escenario, podemos concluir, que es cierto que la popularidad y demanda del mezcal a nivel nacional e internacional ha ido incrementando, y de acuerdo a la tendencia esta demanda seguirá en ascenso, por otro lado, podemos ver que en Oaxaca existen fluctuaciones en cuanto al volumen cosechado de agave y la producción de mezcal, y la tendencia (tanto en el estado como en los distritos de nuestro estudio) es hacia el desplome de la producción, por lo que se corre el riesgo de no contar con suficiente materia prima para la elaboración del mezcal demandado, Oaxaca podría perder su hegemonía como principal productor de agave y mezcal en la república, y se acrecentaría el estado de vulnerabilidad de las familias que se benefician de esta actividad productiva .

De igual forma hay que tener en cuenta que la cercanía e incursiones de los productores de tequila al estado para la compra de piñas, ha ocasionado cierre de palenques (por no poder comprar piñas), falsas expectativas de venta, sobreproducción de agave y cosechas masivas. Fortalecer la cadena de valor es esencial para poder planificar correctamente la producción, así como contar con mecanismos de precios equitativos y protección financiera para pequeños productores de tal forma que los pequeños palenqueros puedan competir con los precios que los tequileros o las grandes industrias de mezcal pagan por piñas, evitando así el abandono (obligado) de esta actividad a los pequeños productores .

ESCENARIO DE SUSTENTABILIDAD

Para la definición del escenario de sostenibilidad además de considerar la incorporación de buenas prácticas agrícolas en los sistemas de producción de agave y mezcal es necesario planificar el territorio, con el objetivo de evitar conflictos entre las áreas de producción actual, las áreas que requieren realizar acciones de restauración y las áreas que por su condición ambiental necesitan ser conservadas y de esta manera potencializar el uso del territorio de acuerdo a su vocación y aptitud territorial

PRINCIPIOS DE SUSTENTABILIDAD DEL AGAVE-MEZCAL.

Como se ha mencionado antes, las especies de agave mezcalero se distribuyen en una amplia gama de paisajes, sin embargo se identificaron las zonas potenciales para cultivos sostenibles de agave que permitan evitar los futuros procesos de deforestación y degradación, considerando también la restauración y reconversión de tierras ahora degradadas. Identificar estas zonas potenciales para cultivos sostenibles de agave, permiten aclarar y priorizar espacialmente las áreas de mayor potencial productivo, donde coinciden variables ambientales y sociales aptas, y de igual forma permite excluir áreas de importancia ecológica y cultural, con el fin de evitar conflictos territoriales.

De acuerdo al planteamiento de CONABIO (2018) un Sistema Productivo Sostenible se define como el:

“...conjunto de actividades desarrolladas en el medio rural para obtener bienes o servicios con la intención de comercializarlos. Se caracteriza por desarrollar formas de uso del patrimonio natural local (sistema de manejo) que no degradan la capacidad productiva de los ecosistemas. Tales actividades pueden ser propiamente productivas (cultivo, pecoreo, colecta, aprovechamiento, extracción o pastoreo) o de manejo (prevención, mantenimiento, restauración).”

Una producción sostenible del agave, debe de ser una alternativa para no dejar de sembrar alimentos, obtener materiales para la construcción local, fuentes de energía y promover sumideros de CO2 atmosférico e incrementar la rentabilidad del agave. Con la producción sostenible se debe procurar la conservación y protección de la biodiversidad, mediante la mejora de prácticas de manejo en espacios productivos, para ello deben de cumplir con los criterios que se muestran en la Tabla 34 (CONABIO, 2018).

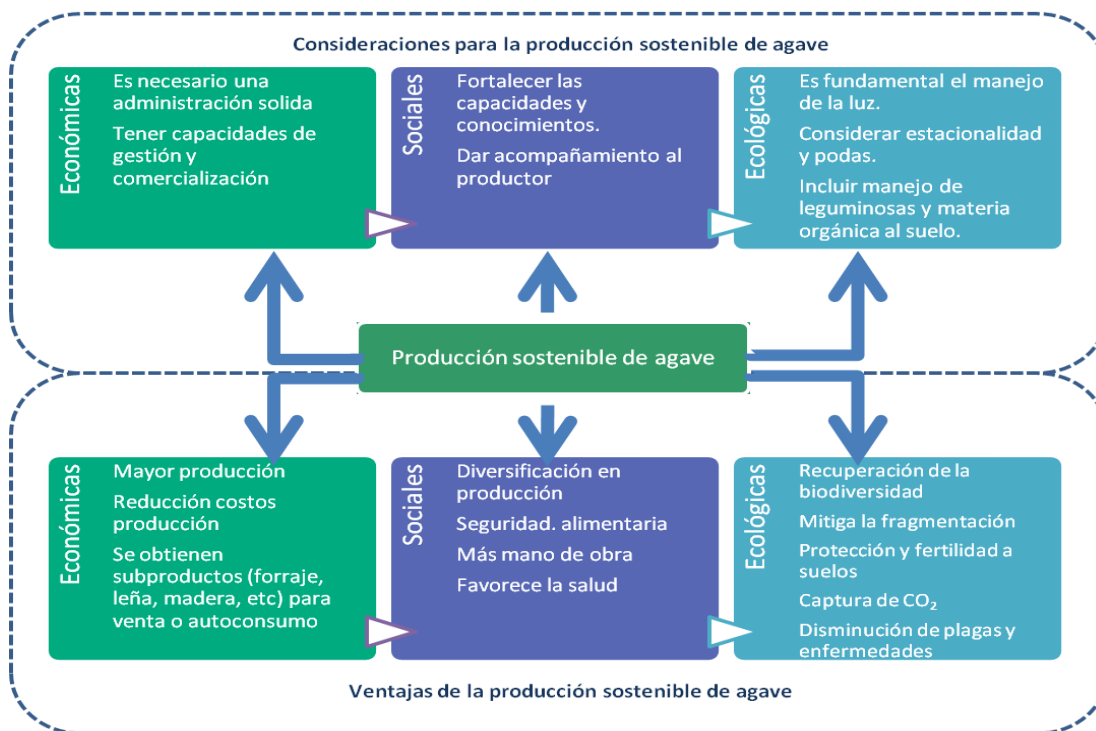
Para la implementación de la producción sostenible, se deben considerar ciertos puntos clave, como la generación de capacidades, administrativas y de gestión, realizar un manejo adecuado de los sistemas productivos y dar acompañamiento integral a la sociedad, con ello se debe de generar ventajas reales en los ámbitos ecológicos, económicos y sociales (ver Ilustración 17).

Tabla 34. Criterios para establecer una producción sostenible.

<i>Uso y manejo de variedades criollas/nativas</i>	<ul style="list-style-type: none"> •Mejoramiento y conservación del germoplasma. •Renovar individuos enfermos o poco productivos. •Mejor adaptadas, más resistentes y productivas
<i>Manejo integral de plagas y enfermedades.</i>	<ul style="list-style-type: none"> •Prácticas culturales •Uso de fertilizantes orgánicos, bioplaguicidas y biofungicidas.
<i>Manejo eficiente de post-cosecha.</i>	<ul style="list-style-type: none"> •Uso de fosas sépticas y/o biodigestores •Garantizar la calidad del grano (secado de granos sin contacto con el suelo) •Incorporación de energías alternativas (electricidad, secado).
<i>Cultivo bajo sombra.</i>	<ul style="list-style-type: none"> •Incorporación de especies maderables. comerciales y/o nativas. •Reducción de especies exóticas.
<i>Conservación del suelo.</i>	<ul style="list-style-type: none"> •Mantener la fertilidad del suelo. •Reincorporación de materia orgánica. •Evitar dejar el suelo desnudo.
<i>Evitar la erosión del suelo y fomentar un buen manejo del agua</i>	<ul style="list-style-type: none"> •Mantener la cobertura vegetal. •Cultivo en terrazas. •Uso adecuado de drenes para no generar cárcavas.

Fuente: CONABIO, 2018

Ilustración 17. Consideraciones para el establecimiento de los modelos productivos sostenibles y sus ventajas.



GESTIÓN SUSTENTABLE DE LA CADENA DE VALOR AGAVE-MEZCAL

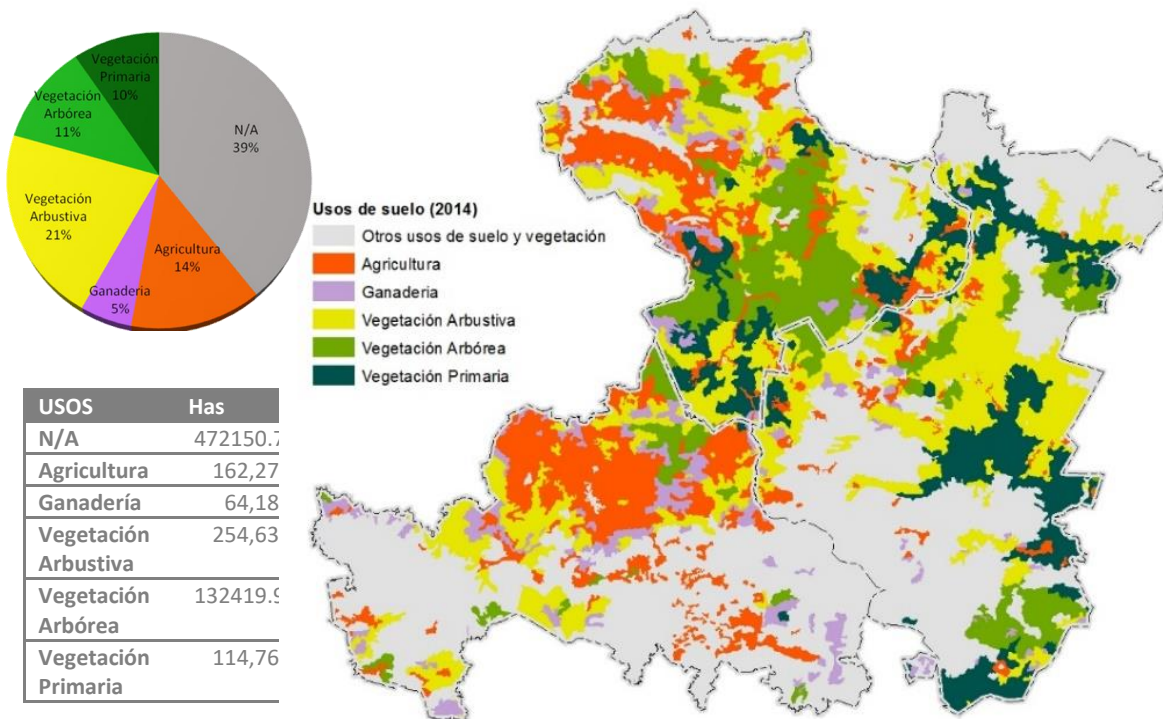
El escenario del paisaje sostenible se construyó a partir del diseño de una propuesta de gestión territorial sobre los usos de suelo y tipos de vegetación actual donde se produce agave y mezcal.

Para la construcción de este escenario se utilizó el mapa de uso de suelo y vegetación SERIE 6 (INEGI, 2014), al cual se incorporaron los valores del modelo de exportación de sedimentos (UICN, 2019).

De esta manera se lograron identificar los diferentes tipos de usos de suelos y vegetación (con aptitud agroecológica para el desarrollo de agaves domesticados y silvestres) evaluados con los diferentes niveles de erosión, para finalmente asignarles el valor de la acción de gestión sustentable recomendada y el uso de suelo propuesto.

En la Ilustración 18, se observa el uso de suelo y la vegetación en donde existen las condiciones apropiadas para realizar el aprovechamiento o cultivo de agave (en gris son las áreas sin aptitud agroclimática para el agave), para cada área se recomienda diferentes acciones de gestión sostenible. En total son 728,271.6 ha (60.67% del área total de los tres distritos de estudio) que presentan diferentes grados de erosión y diferentes usos de suelo y vegetación.

Ilustración 18. Mapa de uso de suelo y vegetación de los distritos de estudio, que cuenta con las aptitudes para el establecimiento de agaves mezcateros.



Las acciones de buenas prácticas consideradas son: cero labranza para la conservación de suelos, diversificación productiva (cultivos anuales, perennes, frutales y maderables) para el control de plagas, incorporación de coberteras y manejo de residuos del deshierbe para el control de malezas y reducción de

herbicidas, cercos vivos, nutrición a partir de caldos y compostas para reducción de fertilizantes químicos y control de enfermedades y plagas, siembra adecuada a la topografía. Con estas acciones lo que se espera es mantener y mejorar la fertilidad de suelo, reducir la erosión y contaminación del acuífero y agua superficial, brindar un nicho para los polinizadores e incrementar los reservorios de carbono.

Las acciones para gestión sostenible del territorio son (Ilustración 19):

- **Intensificación productiva:** se refiere la incorporación de buenas prácticas para incrementar la productividad de agave en sistemas agrícolas tipo **monocultivo**, en áreas con presencia alta de erosión.
- **Reconversión productiva:** Esta acción propone el cambio de uso de suelo actual, en áreas agrícolas de temporal con erosión moderada, para cambiar a:
 - **Policultivos** (considera la producción de cultivos anuales con diferentes tipos de agaves), diseño pensado principalmente para garantizar la seguridad alimentaria
 - **Agroforestales** (con diversidad de agaves, con cultivos anuales o perennes y especies maderables o frutales).
- **Restauración productiva y ecológica:** Estas acciones están orientadas a áreas que han sido deforestadas y están en proceso de sucesión vegetal (con diferentes niveles de erosión) y se pueden establecer **agroforestales** con especies domesticadas y/o silvestres, haciendo uso también un **aprovechamiento sustentable** de los recursos forestales maderables y no maderables de los acahuales.
- **Restauración ecológica:** Considera la realización de acciones de restauración ecológica en áreas que cuentan con vegetación secundaria arbórea (relictos de bosques de encino, encino pino, mezquite y selvas baja y mediana caducifolia y subcaducifolia), que presentan niveles de erosión alto y muy alto (en base al mapa de erosión de UICN, 2019), con la finalidad de realizar un **aprovechamiento sustentable** y recuperar su integridad ecológica y se pueda realizar un aprovechamiento forestal (maderables y no maderables como las variedades silvestres de agaves) a partir de un plan de manejo.
- **Manejo de los recursos forestales:** En estas áreas se propone el desarrollo de actividades de manejo sustentable del bosque que permitan revertir los bajos procesos de erosión que se presentan en las áreas con vegetación arbórea, para un **aprovechamiento sustentable** de los recursos forestales.
- **Conservación de los recursos forestales:** Se propone destinar todas las áreas con vegetación natural (primaria) para la **conservación** del germoplasma presente en estos tipos de vegetación.

Tabla 35. Propuesta metodológica para el diseño del paisaje bajo un escenario de sustentabilidad en los territorios con viabilidad para la producción de agave

		Acciones de Gestión Sostenible					
		Intensificación productiva	Reconversión productiva	Restauración productiva/ecológica	Restauración (manejo del bosque)	Manejo del bosque	Conservación
Usos de suelo	Otros tipos de uso de suelo y vegetación	X	X	X	X	X	X
	Zonas pecuarias	X	(MB – MA) Cercos vivos	X	X	X	X
	Zonas agrícolas (temporal)	Monocultivos (MA, A)	Policultivos/Agroforestales (M, MB, B)	X	X	X	X
	Vegetación secundaria arbustiva	X	X	Agroforestales (MB - MA)	X	X	X
	Vegetación secundaria arbórea	X	X	X	Aprovechamiento sustentable (M, A, MA)	Aprovechamiento sustentable (MB, B)	X
	Vegetación natural	X	X	X	Aprovechamiento sustentable (MA, A)	Aprovechamiento sustentable (M)	Conservar (MB, B)

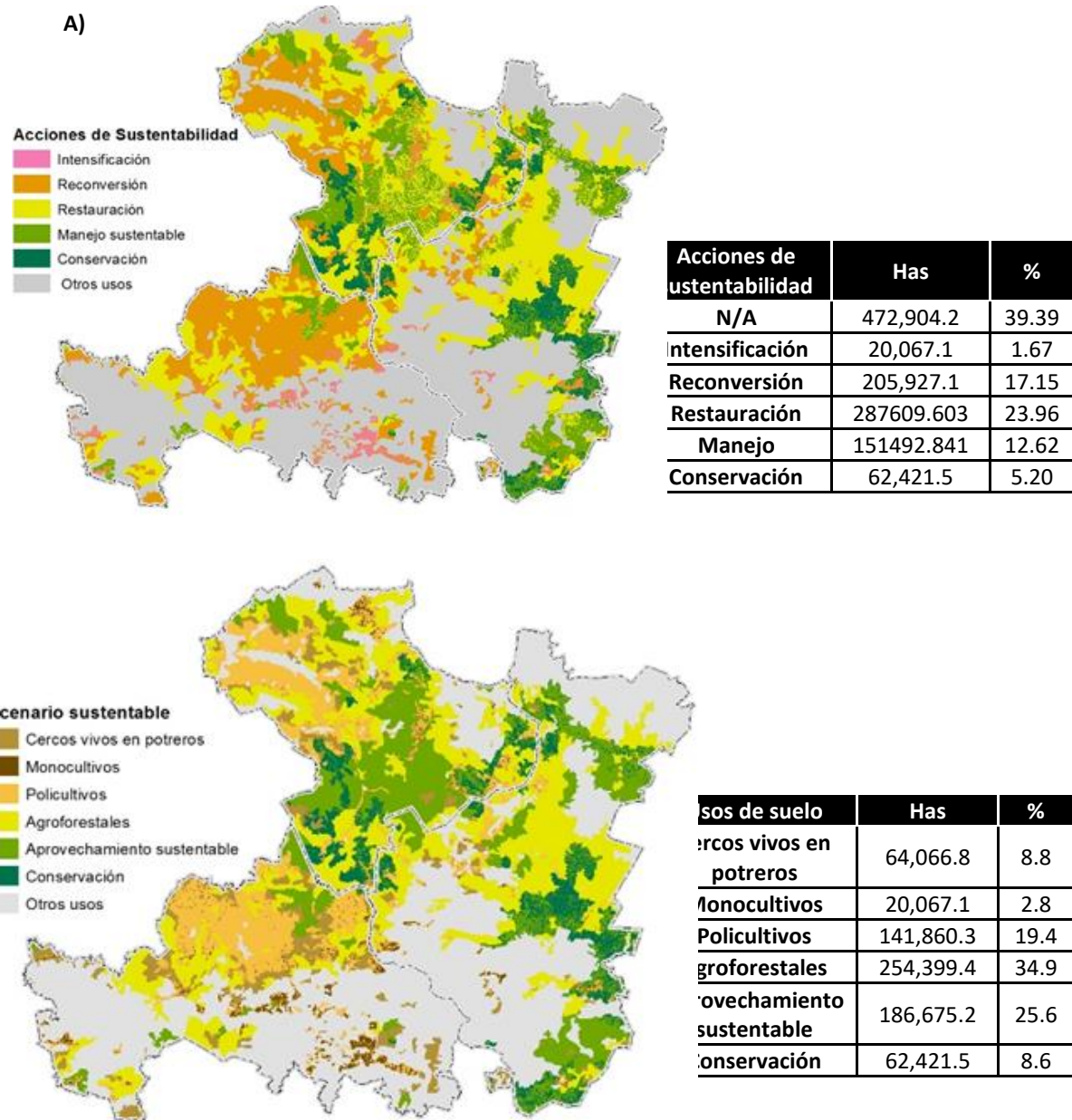
* MA: Muy alta erosión, A: Alta erosión, M: Moderada erosión, B: Baja erosión, MB: Muy baja erosión

Las acciones de gestión territorial se aplicaron según el uso de suelo como se muestra en la Tabla 1Tabla 35.

- En zonas pecuarias (64,189.3 ha), se recomienda una reconversión productiva (aplicando cercos vivos de agave, que permiten recuperar la erosión del suelo).
- En las zonas agrícolas (162,271.4 ha) se recomienda dos tipos de gestión sostenible, la primera es la intensificación por monocultivo de agave en zonas severamente erosionadas (ya que un agroforestal resultaría costoso y con bajos rendimientos), el agave permite que éstos sitios se puedan recuperar, disminuye la erosión, y la vegetación. La segunda gestión recomendada es la reconversión de las áreas agrícolas con moderada erosión a muy baja erosión, esto implica realizar policultivos (agroforestales), implementando buenas prácticas.
- En la vegetación secundaria arbustiva (254,630.9 ha), se recomienda realizar restauración productiva y ecológica, propiciando un sistema agrosilvícola, con una visión hacia la recuperación de la vegetación natural y su manejo sustentable.
- En áreas con vegetación arbórea (132,419.942 ha), se sugiere para las zonas con muy alta a mediana erosión la restauración (se podrían reintroducir especies nativas de agave y manejarlas, aplicar planes de manejo comunitario, etc.) y el aprovechamiento sustentable. En áreas donde la erosión es baja a muy baja, se recomienda el manejo sustentable.
- En las áreas en donde se conserva la vegetación primaria (114, 760.1 ha), se debe procurar la conservación, evitando la deforestación por aperturas de áreas agrícolas para el cultivo de agave.

Con base a esta información se aplicaron los valores de las acciones sustentables recomendadas y el uso de suelo propuesto para así obtener un escenario de sustentabilidad (Ilustración 19).

Ilustración 19. A) Mapa que muestra los sitios en donde se aplican las acciones de sustentabilidad. B) Mapa del escenario de sustentabilidad de la región de estudio.



BENEFICIOS DE LAS ACCIONES DE SUSTENTABILIDAD.

En el escenario de sustentabilidad, los sistemas agroforestales son los que presentan mayor oportunidad para la implementación de las acciones de sustentabilidad en los usos de suelo actuales, esto por la cantidad de área disponible.

Así mismo, las áreas agrícolas con erosión fuerte son las que tienen menor superficie disponible, sin embargo, son importantes ya que se pueden considerar como **áreas de oportunidad para el establecimiento de**

monocultivos con agave, porque los altos niveles de erosión no permitirían el establecimiento de ningún otro cultivo.

La inversión para el establecimiento de 20,067.1 hectáreas, de monocultivos de agave (con doble propósito: piñas y restaurar suelos), podría incrementar la superficie sembrada en un 160% (superficie sembrada para 2019 7,689.9 ha (SIAP, 2019), obteniendo una productividad adicional a los 6 años de 6,047.64 ton/agave.

Aunado a esto, si se respetan los arreglos topológicos propuestos por UICN, se pueden sembrar 1,500 plantas por ha y se pueden cosechar 1,153 plantas (dejando el 20% para favorecer la riqueza genética y 10 % por mortalidad de plantas), obteniendo un volumen de 34,615 ton/ha (considerando 30 kg/planta) y un valor de producción de \$173,076.92 (\$5.00 kg/agave), al cual se tiene que restar el costo de producción (\$40 planta), ver Tabla 36.

Tabla 36. Estimación de los costos y beneficios económicos con la implementación de monocultivos en áreas con muy alta y alta.

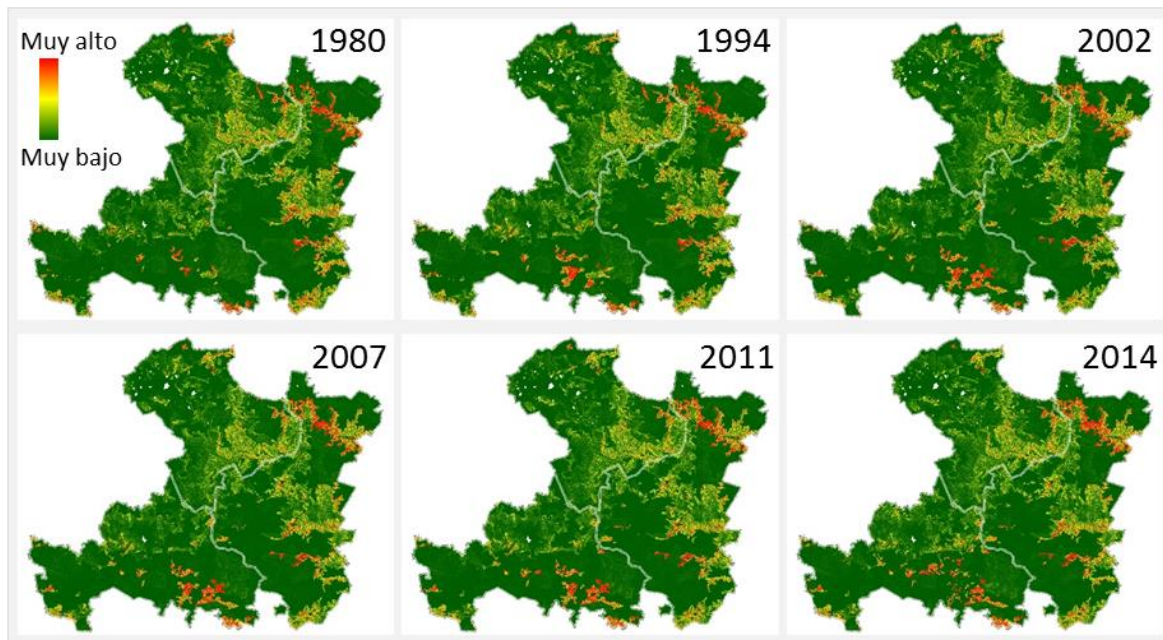
	Has disponibles	agaves sembrados (ha)	agaves cosechados (ha)	peso/prom/agave (kg)	costo/kg /agave (\$mxn)	costo/planta agave	costo/producción/agave	utilidad/planta/agave	UTILIDAD TOTAL
MONOCULTIVO	20,067	1500	1154	30	\$5.00	\$150.	\$40	\$110	\$2,546,965,38 4.62 (\$127,348,269 .23 USD)

BENEFICIOS DE EVITAR LA EROSIÓN

El análisis consistió en identificar las áreas que presentan diferentes niveles de erosión y su tendencia en el tiempo. La modelación se realizó utilizando el modelo de Sediment Delivery Ratio (SDR) de InVEST 3.9.0, estimando la cantidad de pérdida de suelo anual (a partir de la ecuación RUSLE 20) para el análisis multitemporal se emplearon los mapas de uso de suelo y vegetación Serie (Ilustración 20) I, Serie 2, Serie 3, Serie 4, Serie 5 y serie 6 (INEGI, 2001; INEGI, 1980; INEGI, 1993; INEGI, 2002; INEGI, 2007; INEGI, 2011; INEGI, 2014)

²⁰El modelo SDR utiliza la ecuación universal de pérdida de suelo revisada (RUSLE) para estimar la cantidad de pérdida de suelo anual por píxel. La fórmula considera la erosividad (R) que genera la lluvia, la erosionabilidad (k), la longitud de la pendiente y los efectos que tiene la vegetación sobre la lluvia y los suelos, entendiendo que la biomasa detiene y disminuye el impacto de las gotas de lluvia y sus raíces retienen los suelos.

Ilustración 20. Proceso de erosión en el área de estudio

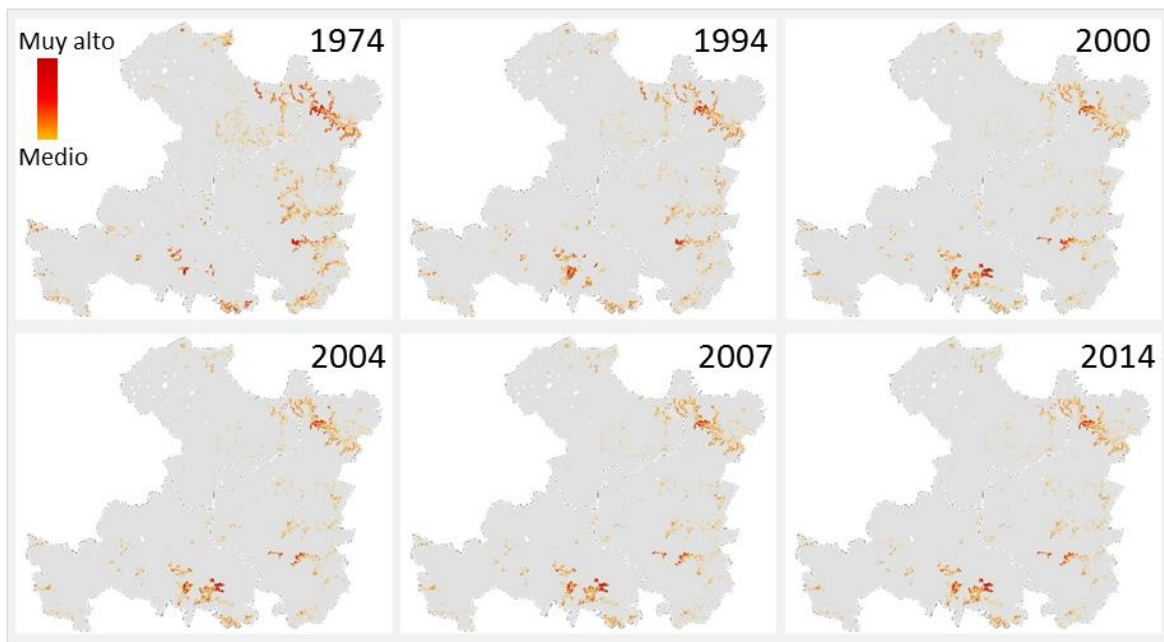


Después de analizar el comportamiento de la distribución de las áreas erosionadas se identificó que el 91.61% del territorio durante los 40 años de análisis permanece con una erosión muy baja, el 5.38% con erosión baja, y solo el 2.34% presenta erosión media, el 0.57% con erosión alta y 0.11% con erosión muy alta, siendo estos tres últimos rangos los que reflejan una pérdida real del suelo (Ilustración 21 y Tabla 37).

Tabla 37. Superficie erosionada en el área de estudio en una línea de tiempo.

Nivel de erosión	Superficie en hectáreas						
	1980	1994	2002	2007	2011	2014	Promedio
Muy bajo	1,063,870	1,086,021	1,090,474	1,091,866	1,090,032	1,073,086	1,082,558
Bajo	71,768	62,079	59,662	59,030	60,192	68,656	63,565
Medio	34,333	26,367	24,788	24,361	24,765	31,059	27,612
Alto	9,462	6,253	5,721	5,483	5,702	7,683	6,717
Muy alto	2,301	1,013	1,077	979	1,031	1,237	1,273

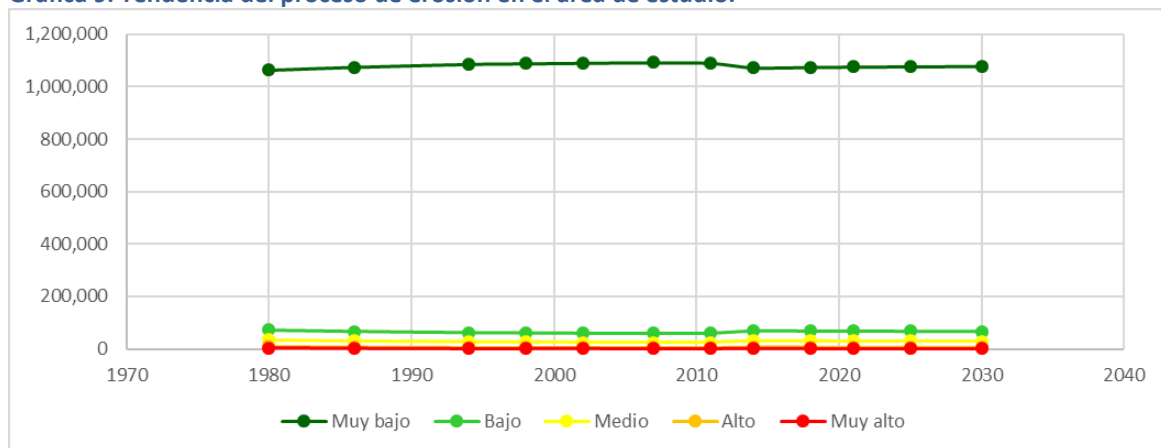
Ilustración 21. Sitios en el área de estudio con niveles de erosión del suelo de muy alto, alto y medio.



ESCENARIO DEL PROCESOS DE EROSIÓN

Al analizar la tendencia en el incremento de las áreas erosionadas se identifica que el comportamiento es muy homogéneo, por lo que este no es significativo (Gráfica 9).

Gráfica 9. Tendencia del proceso de erosión en el área de estudio.



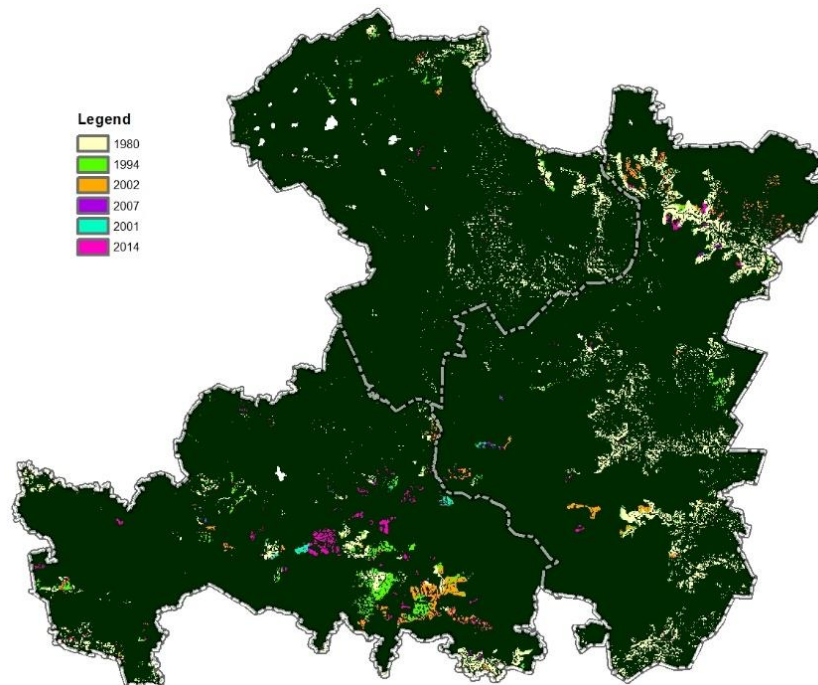
Con el análisis de manera acumulativa, se identificó un total de un total de 68,208 hectáreas con diferentes niveles de erosión, que requieren acciones que permitan recuperar y mantener los suelos de la región, sin embargo, de este total solo el 48.7% (33,249 has) corresponde a áreas con características agroclimáticas

adecuadas para la producción de agaves (condiciones similares a donde se distribuyen de manera natural las selvas, bosques y matorrales secos)

Año	Superficie erosionada por año	Superficie erosionada por año con condiciones agroclimáticas para la producción de agave
Sin erosión	1,113,560	533,651
1974	33,633	17,366
1994	20,349	13,242
2002	7,329	949
2007	383	98
2011	992	261
2014	5,522	1,333

Considerando los requerimientos de los agaves y la experiencia que se tiene al utilizarlos como una herramienta para retener sedimentos y recuperar suelos erosionados se puede concluir que existe una oportunidad de 33,249 hectáreas para establecer plantaciones de agaves en tierras degradadas por la erosión, dando prioridad a las áreas que presentan erosión más reciente (ver Ilustración 22), para disminuir las inversiones, tener mayor éxito en la producción y detener los procesos de deforestación de bosques y selvas con vegetación natural y vegetación arborea.

Ilustración 22. Sitios erosionados de acuerdo a su secuencia cronológica de aparición en el área de estudio.



Por otro lado, considerando que el escenario de sustentabilidad para la producción de agave y mezcal de manera sostenible, considera la aplicación de buenas prácticas en áreas agrícolas, esta tendencia negativa se puede revertir a partir del establecimiento de monocultivos o policultivos.

De acuerdo a los arreglos topológicos y paquetes tecnológicos propuestos por UICN, 2019, el costo de oportunidad puede alcanzar los \$137,152,125.00 USD.

Considerando sembrar 1,500 plantas por hectárea y se pueden cosechar 750 plantas (dejando el 20% para favorecer la riqueza genética y en este caso el 30 % por mortalidad de plantas), de esta manera se alcanzaría un volumen de 22,500 ton/ha (considerando 30 kg/planta, por carecer de suelos o falta de nutrientes), ver Tabla 38.

Tabla 38. Estimación de los costos y beneficios económicos con la implementación en áreas con muy alta y alta erosión

Has disponibles	agaves sembrados (ha)	agaves cosechados (ha)	peso/prom/a gave (kg)	costo/kg/a gave (\$mxn)	costo/planta a agave	costo/producción/agave	utilidad/planta/agave
33,249	1500	750	30	\$5.00	\$150.00	\$40.00	\$110.00

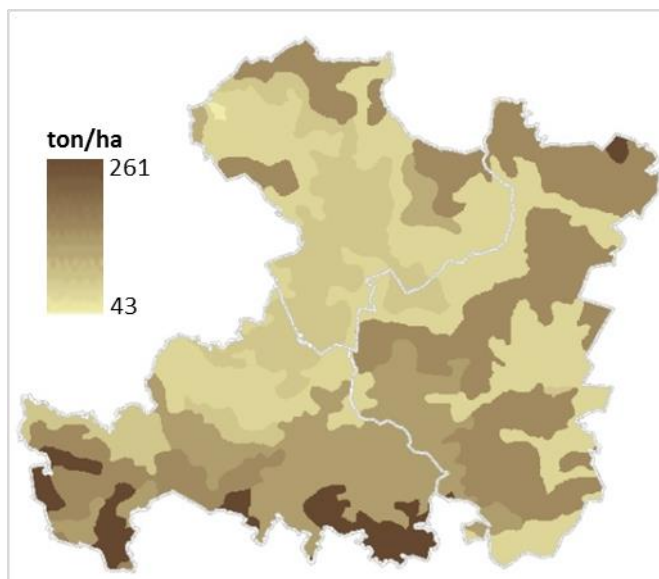
BENEFICIOS DEL BALANCE DE CARBONO

Se calculó el carbono almacenado (en biomasa aérea, subterránea y carbono en el suelo) en los diferentes tipos de vegetación y uso de suelo de la zona de estudio.

La modelación se realizó utilizando el modelo de Carbón de InVEST 3.9.0, utilizando como insumos los mapas de vegetación primaria y uso de suelo y vegetación Serie 1, Serie 2, Serie 3, Serie 4, Serie 5 y serie 6 (INEGI, 2001; INEGI, 1980; INEGI, 1993; INEGI, 2002; INEGI, 2007; INEGI, 2011; INEGI, 2014)

De acuerdo al mapa de vegetación primaria (INEGI, 2001) en la zona de estudio potencialmente almacenaba un stock de 111,558,961.98 toneladas de carbono (Ilustración 23 e Ilustración 24), distribuida en los diferentes tipos de vegetación de Miahuatlán, Tlacolula y Yautepec.

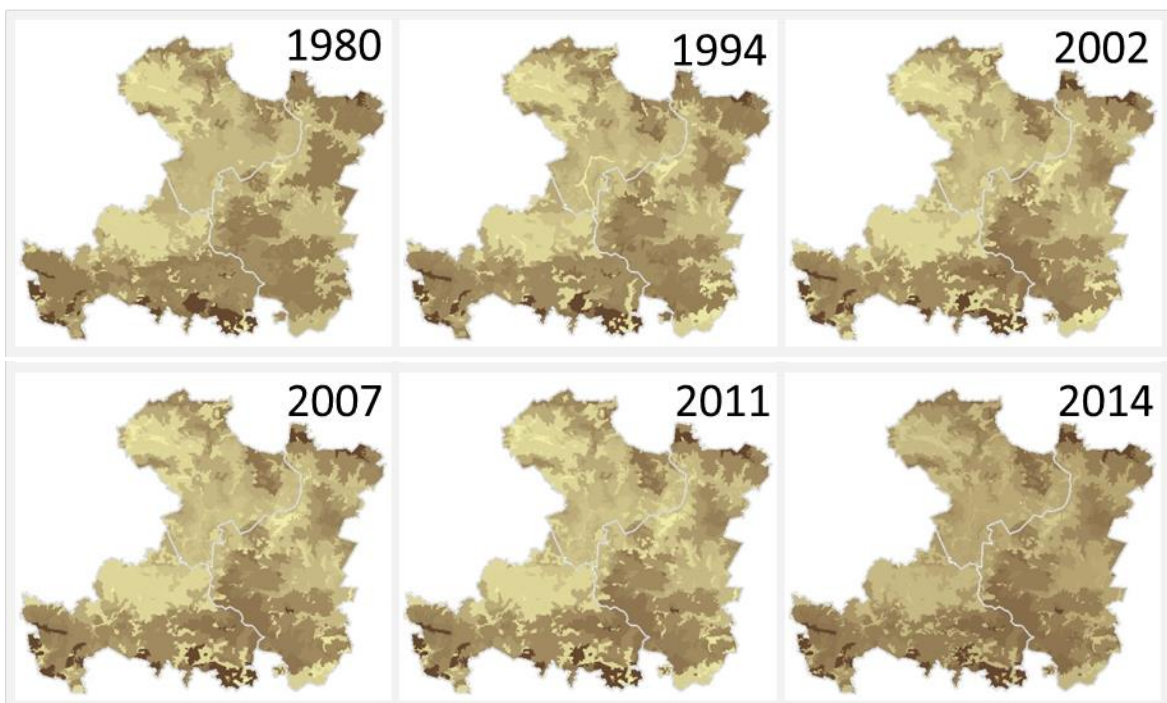
Ilustración 23 Stock potencial de Carbono almacenado por tipo de vegetación en la zona de estudio.



Destacándose los bosques templados de Oyamel, mesófilo y pino por ser los que contienen mayor cantidad de carbono almacenado (157, 91 y 67 ton/C/ha), al igual que las selvas húmedas alta perennifolia y mediana subperennifolias (94 y 91 ton/C/ha).

Por el contrario, los hábitats donde se distribuyen de manera natural los agaves, son las zonas con menor densidad de carbono almacenado, como lo son: las selvas bajas y medianas caducifolias y subcaducifolia (60 ton/C/ha promedio), al igual que los matorrales xerófitos (41 ton/C/ha), junto con los bosques de encino (55 ton/C/ha). Sin embargo, con el paso de los años y el cambio del uso de suelo, se han perdido 10,350,517.38 toneladas de carbono al 2014, lo que representa el 9.27 %, del stock original (Tabla 39).

Ilustración 24. Carbono almacenado en el área de estudio.



En promedio, los balances de pérdida y absorción de carbono de 1980 al 2014 se pierden anualmente 304,426.9 toneladas de carbono en el área de estudio, por proceso de cambio de uso de suelo (Ilustración 25).

Ilustración 25. Análisis de ganancias (verde) y pérdidas (rojos) de carbono por cambio de uso de suelo, en el área de estudio.

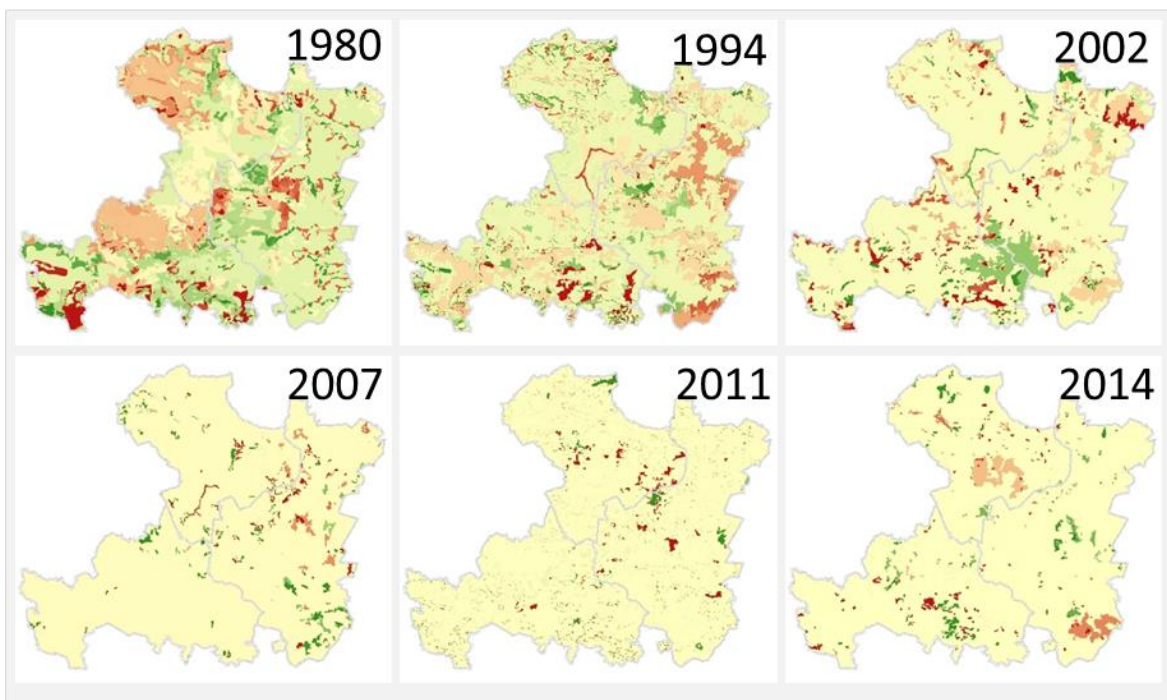


Tabla 39. Toneladas de carbono almacenado en el área de estudio

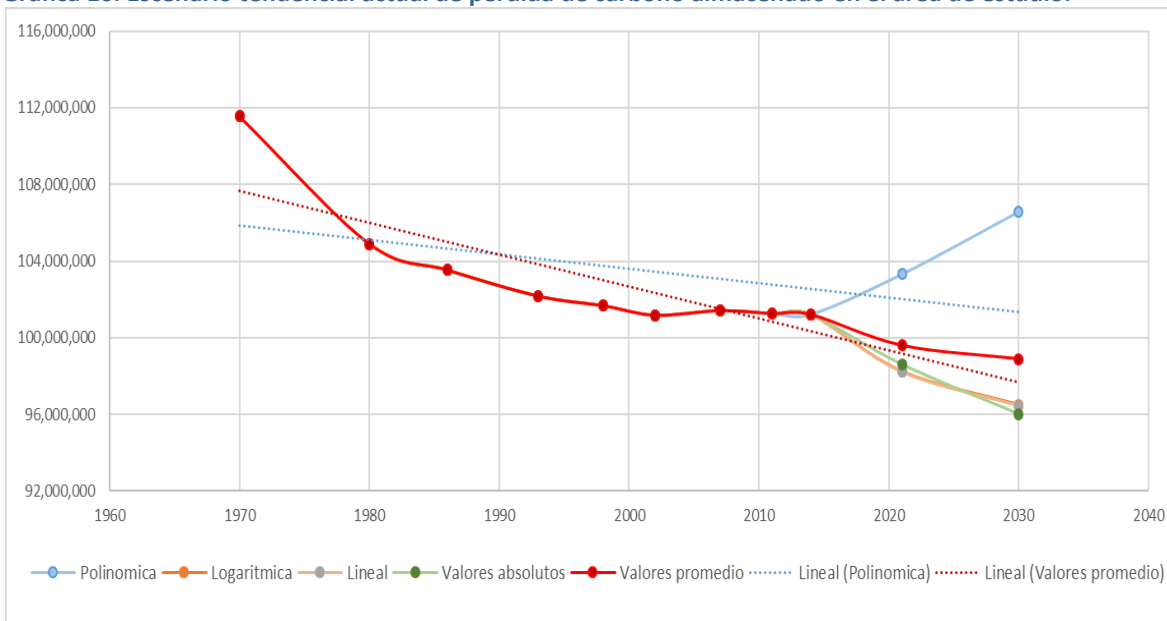
Año de referencia	Toneladas de carbono
Año base ²¹	111,558,961.98
1980	104,900,591.57
1993	102,174,975.97
2002	101,173,232.30
2007	101,415,313.37
2011	101,264,795.75
2014	101,208,444.60

ESCENARIOS DEL CARBONO

De acuerdo al análisis de la tendencia de los datos (pérdidas y ganancias de carbono), se identifica que en el territorio continuara la perdida de carbono si no se realizan acciones que contrarresten este proceso (Gráfica 10).

Bajo el análisis tendencial (valores promedio, línea roja) se estima que del 2014 al 2030 se perderán 2,317,322 toneladas de carbono, pasando de 101,208,444 a 98,891,122 toneladas de carbono.

Gráfica 10. Escenario tendencial actual de pérdida de carbono almacenado en el área de estudio.



Esta pérdida de carbono representa un total de 23,173,228.91 USD (\$10 USD/Ton/C), en el mercado de carbono o bien si este territorio se inscribiera en el programa de pago por servicios ambientales de CONAFOR se obtendrían \$2,451,013 USD (\$1,100 ha) por 44,563 has (con 52 ton/C/ha promedio).

²¹ El año base se calculó a partir del mapa de vegetación primaria, el cual no cuenta con una fecha de referencia, solo visualiza el tipo de vegetación que potencialmente existía antes de los procesos de cambio de uso de suelo (INEGI, 2001)

Por otro lado, considerando que el escenario de sustentabilidad para la producción de agave y mezcal de manera sostenible, considera la aplicación de buenas prácticas en áreas agrícolas y la conservación de los recursos forestales, esta tendencia negativa se puede revertir, con dos acciones principales:

- I. Por un lado, la implementación de policultivos de agave²² (agroforestales de maderables²³ con agaves), en áreas agrícolas ya establecidas con monocultivos (lo cual genera un incremento en la función de captura de carbono, por las especies maderables y el agave mismo, que puede capturar 3.72 ton/C/ha²⁴ (1.64 ton/C por agaves y 2.08 ton/C por especies maderables)
- II. La restauración de los bosques degradados, es decir favorecer la sucesión vegetación para que la vegetación secundaria herbácea y arbustiva se conviertan en bosques con especies arbóreas, con agaves silvestres, en donde se desarrollen actividades de aprovechamiento forestal maderable y no maderable (incluyendo las especies silvestres de agave).

De esta manera el potencial se puede llegar a un almacén de carbono de 102,349,395 al 2030 (Gráfica 11), es decir una diferencia de 3,458,273 toneladas de carbono por el costo de inacción (escenario tendencial SV escenario de sustentabilidad), carbono que tendría un valor de \$34,582,730 USD (\$10 USD/Ton/C) en caso de colocarlo en el mercado del carbono (Ilustración 26).

Gráfica 11. Escenario sustentable de recuperación del carbono almacenado en el área de estudio.

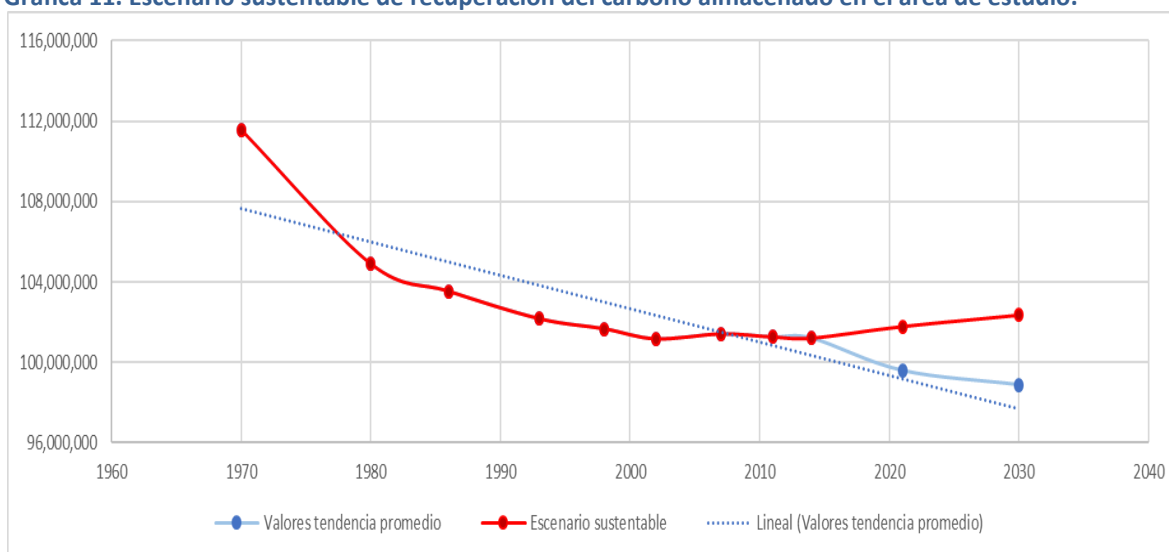
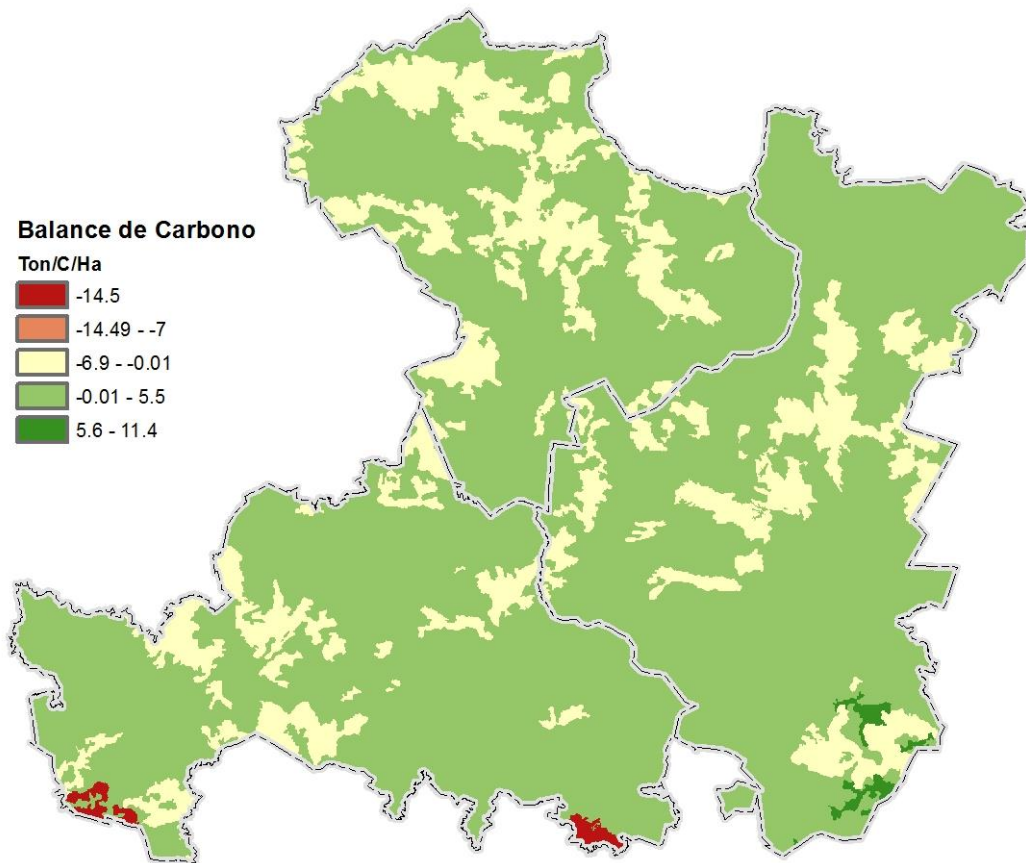


Ilustración 26. Carbono almacenado en un escenario sustentable en el área de estudio.

²²Una plantación de agave con 2500 plantas/ha puede capturar de 30 a 60 ton/C/ha, el equivalente a 8.2 ton/C/ha.

²³ En promedio los bosques donde se distribuye el agave contienen 53.3 ton/C/ha, mientras que las selvas secas 52.5 ton/C/ha.

²⁴Considerando dejar el 20% de superficie con agaves para favorecer la diversidad genética (considerando la propuesta de los modelos de producción sustentable de UICN se deben establecer 1500 agaves/ha, lo que equivale a dejar 30 individuos/ha, es decir 1.64 ton/C/ha y la incorporación de cercos vivos con especies maderables (120 árboles, 30 por lindero en una superficie 400 m²), es decir 2.08 ton/C/ha.



BENEFICIOS DE EVITAR CONFLICTOS TERRITORIALES

Las áreas de conflicto territorial, son aquellas regiones que actualmente cuentan con cobertura forestal primaria y vegetación secundaria arbórea (de alto interés ecológico) y por sus características agroclimáticas son de alto interés para la producción de agaves.

Por las características agroclimáticas de los agaves, los bosques y selvas secas son las áreas de distribución natural de los agaves.

De acuerdo al mapa de vegetación primaria (INEGI, 2003) el 48.1 % del territorio es área de distribución natural del agave (bosques de encino, encino-pino, y selvas bajas y medianas caducifolias y subcaducifolias), mientras que el 51.9 era vegetación en donde no se desarrolla naturalmente en agave mezcalero (Tabla 40)

Tabla 40. Superficie de los diferentes tipos de vegetación en el área de estudio.

	Tipo de vegetación	Distribución original (has)		Suma de superficie	
		Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje
Distribución de agave mezcal	Bosque de Encino-Pino	20,4057.737	35.8	56,9818.4	48.1
	Selvas baja y mediana caducifolia y subcaducifolia	36,5760.666	64.2		
Sin agave mezcal	Bosque de Pino	55,1183.098	89.6	61,5297.9	51.9
	Bosque Mesófilo de Montaña	49,510.88	8.0		
	Bosque de Oyamel	52.051	0.0		
	Selva Mediana Subperennifolia	14,551.896	2.4		
Total		1,185,116.3		1,185,116.3	100

Sin embargo, de acuerdo al mapa de vegetación y uso de suelo Serie VI (INEGI, 2014) de la distribución original de los bosques y selvas secas, el remanente de la vegetación natural (primaria) de todos los tipos de vegetación es de 16.6%, el 23.8% es vegetación secundaria arbórea y el 38.9% es vegetación arbustiva en proceso de sucesión vegetal, es decir se ha transformado el 20.7% de la superficie con vegetación original. Del área para agave (Tabla 41).

Tabla 41. Remanentes de vegetación.

Tipo de vegetación	Distribución original	Vegetación primaria		Secundaria arbórea		Secundaria arbustiva		Total		Suma (%)
	Hectáreas	Hectáreas	%	Hectáreas	%	Hectáreas	%	Hectáreas	%	
Bosq E-P	204,057.7	3,831.0	1.9	57,673.1	28.3	159,886.4	78.4	221,390.5	108.5	41.3
SB-MCyS	365,760.7	110,909.1	30.3	62,442.6	17.1	94,828.7	25.9	268,180.3	73.3	
Subtotal de vegetación con agave	569,818.4	114,740.1	20.1	120,115.6	21.1	254,715.1	44.7	489,570.8	85.9	
Bosq P	551,183.1	66,459.5	12.1	154,432.1	13.0	183,359.9	33.3	404,251.5	73.3	38.0
Bosq MM	49,510.9	14,779.8	29.9	5,865.9	0.5	18,679.5	37.7	39,325.2	79.4	
Bosq O	52.1	465.3	893.9		0.0		0.0	465.3	893.9	
SMSP	14,551.9	0.0	0.0	2,106.3	0.2	4,109.5	28.2	6,215.8	42.7	
Subtotal sin agave	615,297.9	81,704.5	13.3	162,404.3	13.7	206,148.9	33.5	450,257.7	73.2	
Subtotal vegetación	1,185,116.3	196,444.6	16.6	282,520.0	23.8	460,864.0	38.9	939,828.6	79.3	
Pecuario								65,100.3	5.5	20.7
Agrícola								173,569.9	14.6	
Urbano								6,517.0	0.5	
Sin vegetación								100.5	0.0	
Subtotal Uso de suelo y otro								245,287.8		
Total de superficie de los tres distritos de estudio								1,185,116.3		100

Bosq E-P: bosque encino-pino y bosque encino. SB-MCyS: Selva baja y media caducifolia y subcaducifolia y bosque mezquite. Bosq P: Bosque pino, pino-encino. Bosq MM: bosque mesofilo de montaña. Bosq O: Bosque Oyamel. SMSP: Selva mediana superennifolia

De la vegetación en donde se distribuye el agave mezcalero, solo se mantiene como vegetación primaria el 20.1% del área original (de bosque encino-pino solo se conserva en estado primario el 1.9% y de selvas secas solo queda el 30.3 de la superficie de vegetación original de este tipo), ver Tabla 41.

Bajo este contexto se considera necesario diseñar estrategias que permitan mantener los relictos de vegetación natural y promover acciones que favorezcan la regeneración forestal para seguir incrementando las áreas con selvas y bosques secos.

DEFINICIÓN DE LAS ÁREAS DE CONFLICTO

Para la definición de las áreas se utilizaron los mapas de productividad potencial (UICN, 2019) y el mapa de uso de suelo y vegetación Serie VI (INEGI, 2014), el proceso consistió en identificar las áreas con mayor potencial productivo de *Agave angustifolia* y *Agave americana* (Ilustración 27) y se sobrepuso con las áreas con vegetación natural y vegetación arbórea, bajo la hipótesis de ser las zonas de mayor interés para realizar cambio de uso de suelo de bosques a monocultivos de agave (Ilustración 28).

Ilustración 27. Área de producción potencial para *A. angustifolia* y *A. americana*.

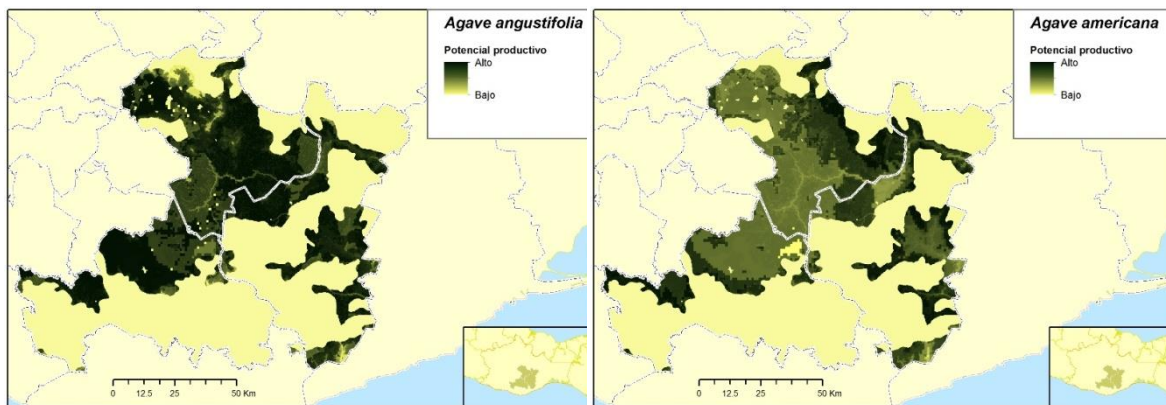
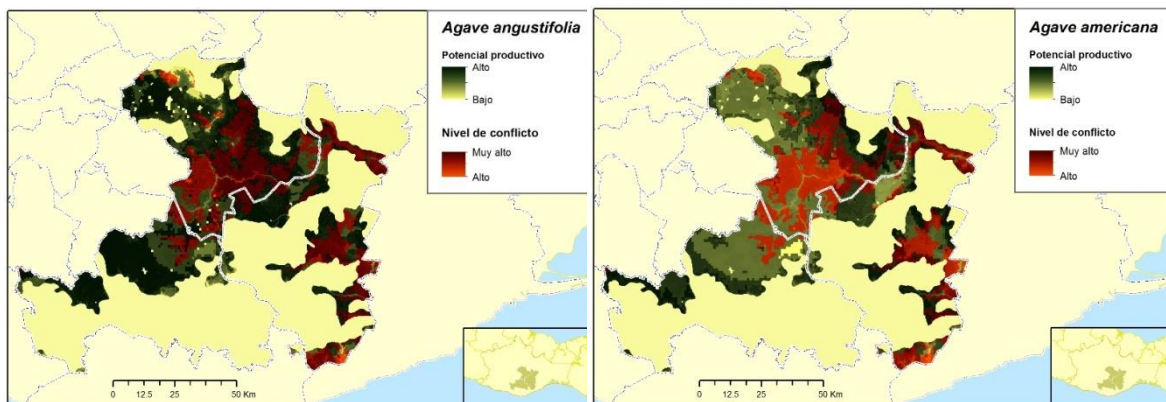


Ilustración 28. Áreas con conflicto territorial y potencial productivo de *A. angustifolia* y *A. americana*

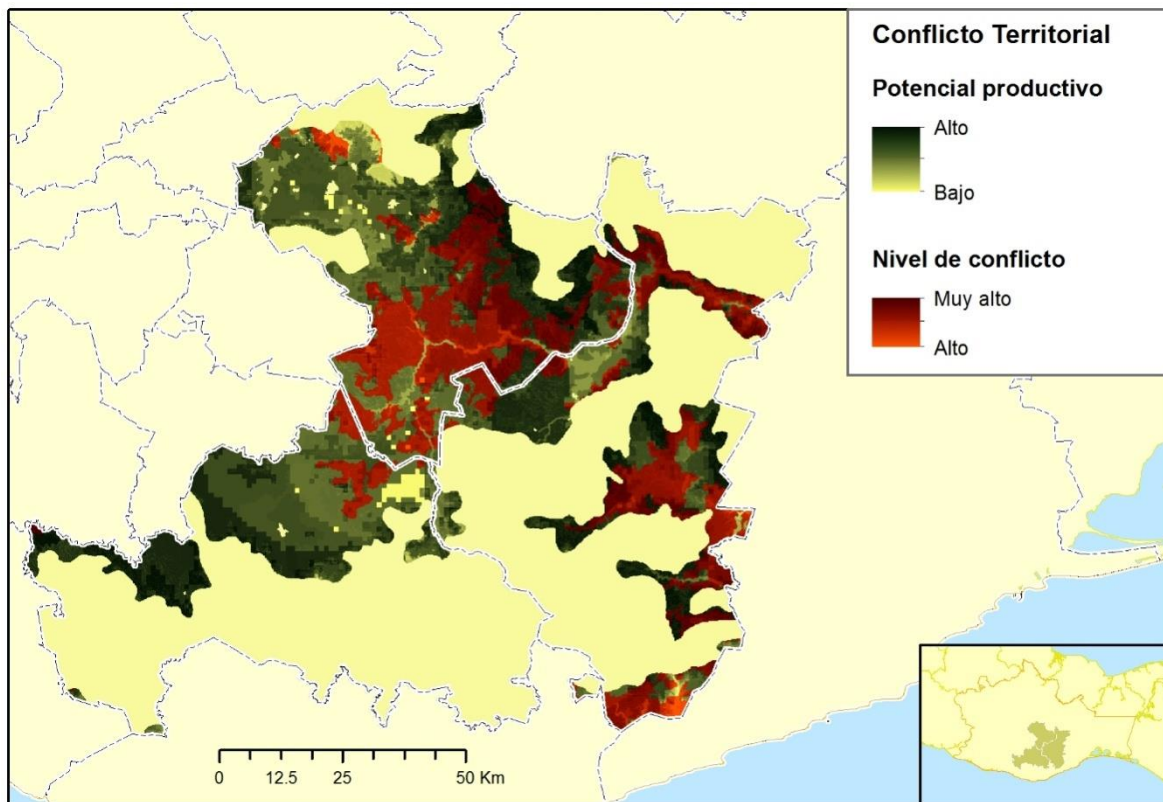


En total se identificaron 234,855.7 hectáreas de vegetación natural y secundaria arbórea (bosques y selvas secas), con alto potencial agroclimático, las cuales se recomienda aplicar acciones de conservación y en

algunos casos se puede promover planes de manejo forestal maderable y no maderable, preservando así los recursos naturales y los servicios ecosistémicos, reduciendo la vulnerabilidad para perder su cobertura forestal y convertirse en terrenos agrícolas para la producción de agaves domesticados.

Por el contrario, las acciones de producción sustentable se deben promover en las zonas de alta productividad y sin niveles de conflicto territorial. De acuerdo al análisis realizado existen 349,962.68 hectáreas con diferentes niveles de potencial productivo para agaves (*A. angustifolia*, *A. americana* u otra variedad), en los cuales se pueden promover acciones productivas sustentables sin ocasionar un conflicto territorial (Ilustración 29).

Ilustración 29. Áreas con potencial productivo de agave mezcalero y áreas de exclusión por generar conflictos territoriales.



BIBLIOGRAFÍA

(DOF), D. O. (28/11/1994). México.

AGARED. (2017). *Panorama del aprovechamiento de los Agaves en México*. Guadalajara, Jal. México: CONACYT, CIATEJ, AGARED.

Aguas Continentales y diversidad biológica de México. Escala 1:4,000,000 2002

Andrade, H., Figueroa, J., & Silva, D. (2013). Almacenamiento de carbono en cacaoatales (*Theobroma cacao*) en Armero-Guayabal (Tolima, Colombia). *Scientia Agroalimentaria*, 6-0.

Barrientos-Rivera, G., Hernández-Castro, E., & Smapedro-Rosas, M. y.-P. (2020). Conocimiento tradicional y academia: productores de maguey y mezcal de pequeña escala en las regiones Norte y Centro de Guerrero, México. *Sociedad y ambiente*, 1-28.

Bautista, J. A. (2012). Sustentabilidad y agricultura en la "región del mezcal" de Oaxaca. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 3 (1).

Bautista, J. A., & Ramírez Juárez, J. (2008). Agricultura y pluriactividad de los pequeños productores de agave en la región del mezcal, Oaxaca, México. *Agricultura Técnica en México*, 34 (4).

Bautista, J., & Smith, M. (2012). Sustentabilidad y agricultura en la región del mezcal de Oaxaca. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 3 (1).

Boege, E. (2008). *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. México.

Camacho Valdez, V., & Ruíz Luna, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Biociencias*, 1 (4), 3-15.

Caro-Caro, C. I., & Torres-Mora, M. (2015). Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socioecológicos: aplicación en agroecosistemas. *ORINOQUIA-Universidad de los Llanos*, 19 (2).

Castañeda Camacho A. (s.f.). Diseño de una metodología para evaluar el estado de los servicios ecosistémicos.

(<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/10960/Dise%F1o%20de%20una%20metodolog%EDa%20para%20evaluar%20el%20estado%20de%20los%20Servicios%20Ecosist%E9%20micos.pdf>, & jsessionid=30E8552197EF31A81265117E7BF5D96B?sequence=2, Edits.) *Universidad Militar Nueva Granada. Especialización en planeación ambiental y gestión integral de los recursos naturales*.

CCA-SMN. (2011). *Atlas Climático Digital de México. Versión 2.0*, 2.0. (Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (CCA) y Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional de Agua (SMN)) Obtenido de <http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/kml/>

CIPAMEX-CONABIO. (2015). *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, 2015. Escala 1:250000*. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/aicas15gw

Colunga García Marín, S. P. (2006). *Base de datos de nombres técnicos o de uso común en el aprovechamiento de los agaves en México*. México, D.F.: Centro de Investigación Científica de Yucatán AC. Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. CS007.

- CONABIO. (2021). *Biodiversidad mexicana*. Obtenido de <https://www.biodiversidad.gob.mx/region/cbmm/proyectos-internacionales/SPSB>
- CONABIO. *Fichas técnicas de los agaves de Oaxaca. Proyecto NE012*. http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/NE012_Anexo_Fichas_agave.pdf.
- CONABIO2012*Grados de marginación a nivel localidad*
- CONABIO. (2015). *Límites y regionalización de los Corredores Biológicos de sureste de México. Escala 1:250,000*. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/biodiv/bidcbmm/bidcbclim/bidcblarin/cb_2015gw
- CONABIO. (2006). *Mezcales y diversidad*.
- CONABIO. (1998). *Regiones Marinas Prioritarias de México. Escala 1:4,000,000*. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/rmpm4mgw
- CONABIO. (2004). *Regiones Terrestres Prioritarias. Escala 1:1,000,000. México*. Recuperado el 10 de Octubre de 2019, de http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/rtp1mgw
- CONABIO. (2016b). *Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad. Escala: 1:1,000,000*. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/sap_gw
- CONABIO-AMP- CONANP. (2012). *Sitios prioritarios para la conservación de los primates mexicanos. Escala: 1:1,000,000*. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/sppgw
- CONABIO-CONANP. (2010). *Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad. Escala: 1:1,000,000*. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/spec1mgw
- CONAFOR. (2018). *Documento de la Iniciativa de Reducción de Emisiones (IRE). México*. Comisión nacional Forestal (CONAFOR). Forest Carbon Partnership Facility (FCPF), Carbon Fund.
- CONAFOR, C. (s.f.). *Agave angustifolia Haw.*
- CONANP. (2017). *Áreas Naturales Protegidas Federales de México. Mayo 2017, edición: 1*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Ciudad de México.
- Cummis, R. (2021). *El poder del agave: cómo un revolucionario sistema agroforestal y de pastoreo en México puede ayudar a revertir el calentamiento global*. Obtenido de <https://regenerationinternational.org/2020/02/28/el-poder-del-agave-como-un-revolucionario-sistema-agroforestal-y-de-pastoreo-en-mexico-puede-ayudar-a-revertir-el-calentamiento-global/>
- Curiel Avilés, U., Ruiz MARTINEZ, A., & Dinfín García, R. y. (2017). El mezcal de Oaxaca, un cluster natural en etapa de crecimiento. *Revista Mexicana de Agronegocios*, XXI (40), 609-622.
- Curiel Avilés, U., Ruiz Martinez, A., Delfín García, R., & Gómez Díaz, J. (2017). El mezcal de Oaxaca, un cluster natural en etapa de crecimiento. *Revista Mexicana de Agronegocios*, XXI (40), 609-622.
- DOF. (2017). NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones .
- DOF. (1997). NORMA Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4883475&fecha=12/06/1997.

ELD Initiative. (2014). *Iniciativa ELD Guía para usuarios: Enfoque de 6+1 pasos para evaluar la economía de la gestión de la tierra*. . Bonn, Alemania.: GIZ.

FAO. (2008). Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. *Informes sobre recursos mundiales de suelo*.

FAO. (1991). EL CONSUMO DE LEÑA EN LA PRODUCCION DE MEZCAL. EL CASO DE SANTIAGO MATATLAN, OAXACA. En FAO, *Cinco Estudios de caso sobre el uso de dendroenergía en industrias rurales de México*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Fuel ethanol production from sugarcane and corn: Comparative analysis for a Colombian case. *Energy* 2008 *Energy* 333385-399

García Mendoza, A. J. (2018). *Actualización de la información de las especies y subespecies de magueyes de Oaxaca, con énfasis en las especies mezcaleras*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No.NE012.

García Mendoza, A. J. (2007). Los agaves de México. (U. N. México, Ed.) *Ciencias* (087), 14-23.

García-Contreras, G., & Acuapan-Acosta, M. (2014). *Modelo geoespacial para la ubicación y priorización de áreas potenciales para restauración productiva del paisaje rural en la Península de Yucatán*. UICN y PPy, Mérida, Yuc. México.

Garnica Sanchez, Z. (2016). *Las plantaciones de maguey espadín (Agave augustifolia) y su impacto en las selvas bajas caducifolias y sus alternativas*. CONAFOR, SEMARNAT.

GIZ y CONABIO. (2021). *Prácticas amigables con la biodiversidad para el manejo y uso de los magueyes*.

Gómez-Pompa, A., & Kaus, A. (1992). Tarning the wilderness myth. *Bioscience* 42 (4):271-279. En V. A.-C.-A. Toledo, *El Atlas etnoecológico de México y Centroamérica: Fundamentos, métodos y resultados*. 2001: Etnoecología Vol. 6, No. 8, 7-41pp.

Granizo, Tarsicio et al. (2006). *Manual de planificación de Áreas (PCA)*. The Nature Conservancy y USAID.

Hernández Pérez, M. (2018). *Proceso productivo del mezcal artesanal en ocho unidades productivas, del municipio de San Luis Amatlán, Oaxaca. Tesis para obtener el título de Licenciado en Economía Agrícola y Agronegocios*. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro División de Ciencias Socioeconómicas departamento de Economía Agrícola.

Illsley Granich, C., Torres-García, I., Hernández López, J. J., Morales Moreno, P., Varela Álvarez, R., Ibáñez Couch, I., y otros. (2018). *Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales*. México: Grupo de Estudios Ambientales, AC.

INEGI. (2010a). *Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad (ITER)*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/sistemas/scitel/default?ev=5>

INEGI (2009) *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Serie IV (capa unión)*Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)Aguascaliente, México

INEGI (2013) *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Serie V (capa unión)*Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)Aguascalientes, México

- INEGI (2016) *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI (capa unión)* Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) Aguascalientes, México
- INEGI. (2019). *Conociendo la Industria del Tequila y Mezcal*. Aguascalientes: INEGI, Consejo Agropecuario de Jalisco (CAJ).
- INEGI. (2014). *Guía para la interpretación de la cartografía. Edafología. Escala 1:250 000. Serie III. 60p* Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México).
- INEGI. (2014). *Mapa de uso de suelo y vegetación SERIE6*.
- INEGI. (2001). *Mapa de vegetación primaria, escala 1:1,000,000*.
- INEGI. (1993). *Mapa de vegetación y uso de suelo Serie 2; 1:250,000*.
- INEGI. (2002). *Mapa de vegetación y uso de suelo Serie 3; 1:250,000*.
- INEGI. (2007). *Mapa de vegetación y uso de suelo Serie 4; 1:250,000*.
- INEGI. (2011). *Mapa de vegetación y uso de suelo Serie 5; 1:250,000*.
- INEGI. (2014). *Mapa de vegetación y uso de suelo Serie 6; 1:250,000*.
- INEGI. (1974). *Mapa de vegetación y uso de suelo Serie I*.
- INEGI. (1980). *Mapa de vegetación y uso de suelo Serie I; 1:250,000*.
- INEGI. (2018). *Red Nacional de Caminos. Escala: 1:250000*. Recuperado el Octubre de 2019, de <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463674641>
- INIFAP. (2017). *Paquete tecnológico palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq.). Establecimiento, mantenimiento y producción*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
- INIFAP. (2011). *Paquete tecnológico palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq.), establecimiento y mantenimiento. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México: Trópico húmedo 2011*. Tuxtla Chico: Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
- Instituto de Capacitación para el Trabajo (ICAPET). 2000. *Primer censo del mezcal*. Instituto de Capacitación para el Trabajo. Gobierno del Estado de Oaxaca, México, D. F. Reporte. 10 p.
- López Cruz, J. Y., Martínez Gutiérrez, G. A., & Caballero García, A. (2016). *Diagnostico de la situación del agave-mezcal y opciones de desarrollo local en comunidades indígenas de Oaxaca. 21° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México* (págs. 1-20). Mérida, Yucatán: AMECIDER-ITM.
- Making forestry decisions with multiple criteria: A review and an assessment 2008 *Forest Ecology and Management* 2553222-3241
- Mariles-Flores, V., Ortíz-Solorio, C., Gutiérrez-Castorena, M., & Sánchez-Guzman, P. y.-G. (2016). *Las clases de tierras productoras de maguey mezcalero en la Soledad Salinas, Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7 (5), 1199-1210.
- Martínez Ramírez, S., Trinidad Santos, A., Robles, C., Galvis Spinola, A., Hernández Mendoza, T., Santizo Ricón, J., y otros. (2012). *Crecimiento y sólidos solubles de Agave potatorum Zucc. inducidos por riego y fertilización. Revista fitotécnica*, 35 (1), 61-68.

Martínez Tenori, S. (2017). *Asistencia de corto plazo para la realización del censo y evaluación de la situación actual de la cadena productiva de mezcal en el estado de Oaxaca*. Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo y Unión Europea.

Morales, I., Martínez Gutiérrez, G. A., Cortés-Martínez, C., Aquino Bolaños, T., Escamirosa Tinoco, C., & Hernández Tolentino, M. (2017). Crecimiento de *Agave potarum* cultivado en ambientes contrastantes y fertirrigación. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, IV (2).

Moreno Casasola, P., Salinas Pulido, M., Amador Zaragoza, L. E., Cruz, H. H., Juárez Eusebio, A., Ruelas Monjardín, L., y otros. (2006). Plan de manejo comunitario La Mancha- El Llano. En busca de un desarrollo costero sustentable. En P. Moreno-Casola, & E. y.-B. Peresbabosa Rojas, *Estrategia para el manejo integral de la zona costera. Enfoque municipal. Volúmen III* (págs. 1179-1206). Llave-Xalapa: Instituto de Ecología A.C., Comisión Nacional de Áreas Protegidas y Gobierno del Estado de Veracruz.

OEIDRUS, SNIDRUS. (2011). *Aguey Mezcal Regiones productoras de Oaxaca 2011*. Oaxaca: Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (SNIDRUS), Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de Oaxaca (OEIDRUS).

Ororadio. (03 de agosto de 2020). *Perlado espumoso, el secreto de los maestros para un mezcal de calidad*. Obtenido de <https://www.ororadio.com.mx/2020/08/perlado-espumoso-el-secreto-de-los-maestros-para-un-mezcal-de-calidad/>.

Palma, F., Pérez, P., & Meza, V. (2016). *Diagnóstico de la cadena de valor mezcal en las regiones de Oaxaca*.

Pérez Hernández, E., Chávez Parga, M. C., & González Hernández, J. (2016). Revisión del agave y el mezcal. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XVIII (1), 148-164.

Pirker, J., & Mosnier, A. (2015). *Global oil palm suitability assessment. IIASA Interim Report*. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria.

Placencia de la Torre, M. F. (2018). Análisis histórico de los mezcales y su situación actual desde una perspectiva ecomarxista. *EUTOPÍA. Revista de Desarrollo Económico Territorial* (14).

PPY-TNC. (2006). *Una Visión para el Futuro: cartografía de las Selvas Maya, Zoque y Olmeca*. Pronatura Península de Yucatán (PPY) y The Nature Conservancy (TNC). Infoterra Editores, San José, C.R.

Reyes Ruiz, L. I. (2017). *Plan de negocios de envasadora y comercializadora de mezcal en el municipio de Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca*. Puebla, Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Contaduría Pública.

Ríos-Ramírez, S. C., Enriquez-del Valle, J., Rodríguez-Ortíz, G., & Ruíz-Luna, J. y.-V. (2021). El crecimiento de *Agave angustifolia* Haw. con relación a la condición nutrimental. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12 (5), 865-873.

Ruiz Martínez, A., & Curiel Avilés, U. (2013). Diagnóstico del sistema producto MAguey-Mezcal del Estado de Oaxaca. Avance de investigación. (A. 2. 18° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México, Ed.) *Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A. C. - El Colegio del Estado de Hidalgo A. C.*

Ruiz Vega, J., Aquino Bolaños, T., Delgado Gamboa, J. R., & Cortés-Martínez, C. I. (2017). Ruiz Vega, Jaime; Aquino Bolaños, Teodulfo ; Delgado Gamboa, Juan R.; Manejo integrado y sostenible del

agroecosistema maguey para el control de *Scyphophorus acupunctatus* Gyll. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, IV (2 (Suplemento 2)).

Rural development decision support using the Analytic Hierarchy Process (2007) *Mathematical and Computer Modelling* 467-81107-1114

Sáenz Reyes, J., González Torres, J., Jiménez Ochoa, J., Larios Guzmán, A., Gallardo Valdez, M., Villaseñor Ramírez, F., y otros. (2010). *Alternativas agroforestales para reconversión de suelos forestales*. Campo experimental Uruapan, INIFAP.

SAGARPA. (2017). *Planeación agrícola nacional 2017-2030. Agave tequilero y mezcalero mexicano*. Ciudad de México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Sanabria-Artunduanga, T. (2010). Cuatro precisiones metodológicas para identificar la aptitud territorial. *Bitácora* (16), 79-88.

Sánchez-Gómez, N., & Rocha-Gil, Z. (2014). La evaluación de servicios ambientales de soporte. *Ingestigación, Innovación, Ingeniería. Facultad de Ciencia e Ingeniería*, 102-127.

Santiago-Romero, H., López-Pozos, R., & Arcos-García, J. L. (2017). Metodología para evaluar el potencial agroecoturístico: caso del maguey y el mezcal, en Santiago Matatlán. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, IV (2 (Suplemento 2)).

SIAP-SAGARPA. (2003-2019). *Datos abiertos del sistema de información agroalimentaria de consulta*. Obtenido de <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>

Simonit, S. A. (2020). *Oportunidades de restauración funcional del paisaje en el Estado de San José, Costa Rica*: UICN ORMACC, y Gobierno del Estado de Oaxaca,.

Simonit, S. A. (2020). *Oportunidades de restauración funcional del paisaje en el Estado de Oaxaca, México*.

Turimexico. (s.f.). *Turimexico.com*. Recuperado el 03 de 2021, de La diversidad agavera de Oaxaca: <https://www.turimexico.com/la-diversidad-agavera-oaxaca/>

UICN & Pronatura Sur. (2019). *Retos y oportunidades para el cultivo sostenible de palma de aceite en México: Modelo de zonificación territorial*. Washington, DC.: Programa sobre los bosques (PROFOR) y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). World Bank.

UICN. (s.f.). Anexo 7. Sistema agroforestal del genero Agave.

UICN. (2019). *Oportunidades de restauración funcional del paisaje en el estado de Oaxaca, México*. ORMACC-UICN.

UNAM. (26 de enero de 2018). *Boletines UNAM*. Recuperado el 2021, de https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2018_045.html.

Vásquez Luis, P., Palma Cruz, F. d., & López Sánchez, C. (2017). Importancia de los doba o magueyes en la etnia zapoteca del distrito de Ocotlán, Oaxaca. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, IV (2 (sección 2)), 77-85.

Vazquez Elorza, A., Rivera Ramírez, J., Gutiérrez Mora, A., Olvera Vargas, L., Romero Romero, Y., & Rodríguez Peralta, C. M. (2019). *Fundamentos del ecosistema agave mezcalero para los hacedores de políticas públicas*. Guadalajara, Jal: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.

Vega Vera, N., & Pérez Akaki, P. (2016). Oaxaca y sus regiones productoras de mezcal: Un análisis desde cadenas globales de valor. *Perspectivas Rurales. Nueva época* (29), 103-132.

Velasco Bautista, E., Zamora-Martínez, M., Espinosa Paz, H., & Sampayo Bautista, C. y. (2009). Modelos predictivos para la producción de productos forestales no maderables. Agaves Mezcaleros. (CENID-COMEF, Ed.) *Manual Técnico Num 3* .

Witschey, W., & Brown, C. (2010). *The Electronic Atlas of Ancient Maya Sites*.

ANEXO 1. REQUISITOS QUE DEBEN DE CUMPLIR LAS ENVASADORAS PARA PODER SER CERTIFICADAS POR EL COMERCAM

Para poder determinar el tamaño de las instalaciones se tendrá que tomar en cuenta los requisitos de certificación que la Consejo Regulador del Mezcal C.R.M requiere como infraestructura mínima (CRM, 2016, en (Reyes Ruiz, 2017):

1.- No hay un mínimo de metros cuadrados, pero en el manual para la certificación de la cadena productiva que debe:

- Ser una construcción con techo y paredes de acuerdo a 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,
- Deben mantener la limpieza y buenas prácticas de manufactura,
- Mantener alejados a los animales de granja y fuentes de polución”.

2.-Las áreas mínimas que debe tener son:

- Almacén De Insumos: Espacio donde se encuentran todo lo necesario para el envasado del mezcal, es necesario que esté techado y con paredes de acuerdo a los materiales utilizados en la región y piso firme.
- Almacén de gráneles: Espacio donde se encuentran los recipientes del mezcal, es necesario que esté techado y con paredes, no es necesario piso firme.
- Sistema de Filtrado: Es necesario al menos un filtro de retención de sólidos.
- Área de envasado: Espacio donde se realiza el llenado y taponado, es necesario contar con al menos una mesa de trabajo específico para ello, es necesario que esté techado y con paredes, 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 específico para ello, es necesario que esté techado y con paredes, piso firme; se permite el etiquetado a mano debiendo implementar medidas de buenas prácticas de manufactura.
- 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, 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 a los materiales utilizados en la región, piso firme y que cuenten con instalaciones hidráulicas (CRM, 2017 en Reyes Ruiz, 2017).
- Maquinaria y equipo mínimo para la certificación :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 ,bitácoras de almacén de gráneles , bitácora de producto envasado, bitácora de hologramas (CRM, 2017 en Reyes Ruiz, 2017).

Anexo 2. PROBLEMÁTICAS Y RECOMENDACIONES PARA LA CADENA DE VALOR AGAVE-MEZCAL EN EL ESTADO DE OAXACA.

Problemática de planeación y coordinación en la cadena	
<p>Actores: Productores de mezcal, agave y comercializadores.</p> <p>Acciones: Falta de planeación y coordinación de procesos.</p> <p>Problema: La incertidumbre en la cadena (Ruíz Martínez & Curiel Avilés, Diagnóstico del sistema producto Maguey-Mezcal del Estado de Oaxaca. Avance de investigación, 2013), son parte de las problemáticas que se tienen por la falta de coordinación entre actores de la cadena, esta es únicamente de compra o venta (Martínez Tenorio, 2017).</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La planeación del proceso de desarrollo debe darse participativamente con productores, palenqueros, comercializadores e instituciones de gobierno, a través de mesas permanentes locales, que sean resolutivas (Martínez Tenorio, 2017). • La gestión de recursos deberá tener mecanismos transparentes, y deberá revisarse periódicamente, a fin de romper con la desconfianza existente (Martínez Tenorio, 2017). • Para el diseño del modelo de desarrollo de productores de maguey y mezcal, se tiene que tener en cuenta que en realidad la finalidad del desarrollo no es el mezcal, sino los productores y localidades que lo producen, la cohesión social es el objetivo que debe fortalecerse (Martínez Tenorio, 2017) (Martínez Tenorio, 2017) . • Vázquez Elorza y su equipo, (2019) sugiere construir el Plan de Rescate y Aprovechamiento Integral del Ecosistema en agave mezcal y Fortalecimiento de la Cadena de Valor 20-30²⁵.
<p>Actores: Cluster agave-mezcal.</p> <p>Acciones: Consideraciones del cluster Valles Centrales y relaciones con organismos institucionales.</p> <p>Problema: No hay una agenda de trabajo en común de organismos e instituciones de apoyo, esto genera la fragmentación del sector y de los recursos. (Curiel Avilés, Ruiz Martinez, Delfín García, & Gómez Díaz, 2017).</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es necesario trabajar en un ambiente de relaciones basadas en la confianza, solidaridad, cooperación, honradez, credibilidad, honestidad y honorabilidad entre agentes del cluster (Curiel Avilés, Ruiz Martinez, Delfín García, & Gómez Díaz, 2017). • Hay que considerar si esta estructura puede favorecer a pequeños productores. • Se deben de buscar mecanismos para reducir lo más posible la presencia de intermediarios en la cadena (Martínez Tenorio, 2017).
<p>Actores: Instituciones gubernamentales, academia, productores y</p>	<p>Recomendación:</p>

25 Este Plan, debe orientar los recursos y proyectos, reducir las duplicidades de esfuerzos, acciones y programas y, crear propuestas de apoyos que tengan como propósito solucionar los problemas con un enfoque multifactorial. (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodriguez Peralta, 2019), los mismos autores destacan que: A) La base de desarrollo regional debe estar sustentada en la conformación de Juntas Intermunicipales con la participación de los actores de la Cadena con el propósito de establecer las bases en la planeación y organización. B) Se deben incluir criterios e indicadores sustentados en un marco de referencia teóricos que den certidumbre a la viabilidad y factibilidad de las PP.

<p>comercializadoras y envasadoras de la cadena.</p> <p>Acciones: Falta de visión integral</p> <p>Problema: De acuerdo a Martínez Tenorio (2017), no hay un planteamiento hacia dónde se tiene que dirigir la producción de mezcal a nivel estatal. Los programas institucionales, siguen las expectativas de su propia orientación (promoción del turismo, incremento de la producción, desarrollo de micro y medianas empresas), sin embargo, en términos de objetivos y metas no tiene evidencias que puedan ser evaluadas a mediano plazo. (Martínez Tenorio, 2017) (Martínez Tenorio, 2017)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La diversidad de productores (de agave y mezcal) requiere de estrategias diferenciadas (Martínez Tenorio, 2017). • Los programas dirigidos a la cadena agave-mezcal no pueden ser considerados sexenalmente, sino que deben de planearse a mayor plazo temporal. Se deben de considerar la vulnerabilidad de la población y tomar en cuenta sus costumbres y valores culturales. • Se debe reconocer la existencia de las diversas cadenas de producción. El mezcal convencional, ancestral y artesanal debe contar con sus propios proyectos, sin embargo, deben plantearse objetivos y metas convergentes (Martínez Tenorio, 2017).
<p>Actores: Eslabones de la cadena.</p> <p>Acciones: Falta de información base para la planeación integral</p> <p>Problema: No existe una política estatal que promueva la vinculación de todos los recursos informáticos estatales (censos, registros, diagnósticos, certificados, etc.), a fin de poder tener un mapa completo de la actividad. El registro de plantaciones con especies silvestres, las áreas de recuperación o las zonas de reforestación con agave, son algunas de las estadísticas no disponibles. La falta de información no permite la planeación. Se trabaja por reacción y con poca o nula planeación. (Martínez Tenorio, 2017) (Martínez Tenorio, 2017)</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para poder tomar decisiones es necesaria la información completa, oportuna y disponible. Por lo que la generación, análisis y monitoreo de información es necesaria. Se debe implementar una política estatal que promueva la vinculación de todos los recursos informáticos estatales (censos, registros, diagnósticos, certificados, etc.). • Es necesaria la elaboración de tres estudios urgentes: a) Plan maestro de áreas potenciales de cultivo de agave, b) Censo detallado de palenques, y c) Registro estatal accesible de marcas de mezcal. (Martínez Tenorio, 2017) y la creación del padrón nacional de productores de agave mezcal y, maestros mezcaleros (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019). Así como el censo de áreas cultivadas y número de individuos de agave en cultivos, <i>yin situ</i>, áreas destinadas para el manejo de agaves silvestres y en agroforestales. • Esta información deberá aunar al Plan de Rescate y Aprovechamiento Integral del Ecosistema en agave mezcal y Fortalecimiento de la Cadena de Valor 20-30, planteado por Vázquez Elorza y colaboradores (2019), y con ello, obtener las bases sólidas para poder elaborar políticas públicas con una visión holística de la diversidad de la cadena de valor agave-mezcal, con una comprensión clara de sus problemáticas (sociales, biológicas-ecológicas y económicas) por lo que deberán participar los gobiernos locales, academia y organizaciones de productores para lograr las metas deseadas. (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019).
<p>Problemas normativos</p>	
<p>Actores: Productores de agave y mezcal.</p>	<p>Recomendación:</p>

<p>Acciones: Normatividad y certificación fuera del alcance de pequeños productores.</p> <p>Problema: Los productores artesanales están en desventaja en relación con el sistema industrial, no siempre tienen la capacidad económica o tecnológica para cumplir con las regulaciones propuestas por el Estado (Placencia de la Torre, 2018).</p> <p>Hay mezcaleros que prefieren producir de forma ilegal (en caso de que residan en territorio de la DO, de lo contrario son excluidos de forma automática). La legalidad implicaría el pago por botellas, etiquetas e impuestos, lo que encarecería mucho el mezcal consumido localmente (Placencia de la Torre, 2018). Recordemos que las personas más vulnerables en la cadena de insumos están siendo mayoritariamente excluidas del proceso de producción”²⁶ (Bowen 2015, 113-114;) en (Placencia de la Torre, 2018).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La política pública, debe de orientarse al mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural. (Illsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018). Además se debe de reconocer que, si los productores artesanales o tradicionales pierden su riqueza cultural y ambiental, se vuelven más vulnerables y se acentúa su pobreza (Placencia de la Torre, 2018). • Hay que considerar que los productores no están certificados, porque las condiciones, los parámetros y los costos de la certificación son desventajosos para ellos. En lugar de ser tratados como los grandes fabricantes, habría que darles condiciones distintas porque sus bebidas son diferentes y sus volúmenes muy inferiores (Illsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018). • También hay que tomar en cuenta que los pequeños productores de maguey y mezcal, necesitan seguir con las diversas actividades que sustentan su economía familiar, pues apostar a un solo producto implica riesgos económicos muy grandes, sobre todo para campesinos y en tiempos tan inciertos como los actuales (Illsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018). • Considerar la creación de mecanismos de certificación y registro de marca simplificado y económico (Illsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018).
<p>Actores: Productores de agave y mezcal y la comercializadores.</p> <p>Acciones: “La ilegalidad”</p> <p>Problema: La venta de mezcal adulterado o sin control de calidad, con precios por debajo de los costos de producción, son barreras que tienen que solventar los comercializadores y productores que registran y certifican su producción. Son constantes las prácticas desleales de competencia (copias de marcas, no cumplimiento de grado alcohólico, no cumplimiento del reposado o adulteración, venta de producto por debajo del precio, etc.), pero no existen instancias o mecanismos que permitan sancionar a los infractores.</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es importante tener mecanismos pensados para pequeños productores, para que ellos se puedan acercar a la “legalidad” sin poner en riesgo su producción o su seguridad familiar. IllsleyGranich, y otros, (2018) recomienda no perder de vista que el productor es más importante que el territorio y el producto. • Se deben de abrir mesas de discusión, para poder buscar una medida integral que permita descubrir el origen de las prácticas “desleales”, para poder brindar alternativas a productores que quizás tengan que incurrir a estas prácticas por falta de recursos o medios para hacer por la vía “legal” la producción y comercialización de su mezcal. • Vázquez Elorza, y otros, (2019), sugiere la creación del Instituto de Economía Solidaria Maguey Mezcal que coadyuve en la

²⁶ Como sucede con el tequila, cuyo proceso de industrialización ha ocasionado la marginalización de los agaveros y jimadores.

(Martínez Tenorio, 2017) (Martínez Tenorio, 2017)	comercialización, exportación y encadenamientos de los eslabones, principalmente orientado hacia los pequeños productores, (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019).
<p>Actores: Productores de agave y mezcal</p> <p>Acciones: Exclusión de estados productores de mezcal la Denominación de Origen (DO).</p> <p>Problema: Oaxaca, tiene una fuerte tradición mezcalera, sin embargo el mezcal ha sido ampliamente elaborada, en 24 estados. La DO inicial contemplaba solo cinco, es decir resulta muy excluyente ²⁷ para el resto del país (Placencia de la Torre, 2018).</p> <p>El problema reside en que los productores de mezcal localizados fuera del área de cobertura de la DO no pueden llamar mezcal a la bebida que elaboran, para su comercialización, pese a que la han llamado así por generaciones (Colunga 2006, 237 en (Placencia de la Torre, 2018).</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hay que considerar y replantear a nivel nacional el modelo para el mezcal mexicano, ya que con la DO se puede estar gestando una industria que concentre los beneficios en unos pocos (como ha sido el caso de los tequileros), y que favorece a las transnacionales. • Hay que considerar optar por un sistema de indicaciones geográficas que resguarde el paisaje y promueva la cultura que se hallan detrás de cada mezcal, esto daría muchas más oportunidades al manejo sustentable del maguey en cada región del país y favorecería la continuidad de la diversidad natural y cultural de la que surgen estas bebidas tan mexicanas. (Ilsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018). • Hay que considerar y poner en la mesa de discusión, como se puede proteger y apoyar que haya tantas formas y tan creativas de transformar el maguey en mezcal ²⁸ (Ilsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018). • Si la idea es que la DO forme parte de una estrategia de desarrollo local y regional, debe apoyar en primer lugar a los productores locales (Ilsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018).

27 19 entidades federativas están fuera de la DO del mezcal, y en ellas se utilizan 36 taxa de agave, en comparación con los 31 taxa registrados en la DO.

28 la preparación del mezcal, tiene cualidades propias, que dependen mucho de los recursos, de las especies o variedades de agave y en donde crecen, así como de las técnicas familiares de cada maestro mezcalero (en el mezcal artesanal y ancestral se puede decir que no hay dos procesos iguales).

<p>Actores: Productores de agave</p> <p>Acciones: Sentimiento de exclusión del conocimiento local.</p> <p>Problema: Los planes de manejo de los agaves deben cumplir los criterios de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, especificados en la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable y su reglamento y en la NOM-005-RECNAT-1997 (así, el maguey se extraerá dentro del marco legal, se contará con el permiso de aprovechamiento y no habrá motivo para recibir una sanción de la PROFEPA).</p> <p>Sin embargo se considera que hay desconocimiento y falta de capacidades de técnicos para poder plasmar las necesidades, conocimientos y reglamentos de las comunidades, los gastos económicos por efecto de trámites son elevados, y los tramites desgastan el interés de las comunidades, las cuales consideran que las leyes no son claras. (Illsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018).</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe de dar capacitación constantes de los instrumentos legislativos y técnicos para la Cadena de Valor agave mezcal en las comunidades (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019). • El aprovechamiento sustentable de la agrobiodiversidad (agaves silvestres), es una prioridad (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019), no solo por su valor ecológico, sino por su valor cultural, es necesario que los técnicos encargados de la elaboración de los planes de manejo de las comunidades, estén bien preparado para comprender todo el contexto de la comunidad, deben de respetar acuerdos y costumbres que se han generado en asamblea y debe de dar total transparencia y conocimiento de los procesos. • Se debe de tomar como parte del plan de manejo el conocimiento que las comunidades han generado en muchos años de manejo²⁹ (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019). • Conjuntar los conocimientos técnicos y campesinos favorece la creación de métodos apropiables por las comunidades y fortalece las capacidades locales (Illsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018).
<p>Actores: Productores de mezcal</p> <p>Acciones: Consideración sobre la NOM 070</p> <p>Problema: La NOM 070, 2017, considera tres categorías: mezcal, mezcal artesanal y mezcal ancestral. Cada una de ellas está definida a partir de los equipos empleados en el proceso de elaboración ³⁰. El problema es que</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • IllsleyGranich y colaboradores, (2018), menciona que se debe exigir que cada una de la categorías de productores de mezcal tenga sus propios parámetros para calificar el cumplimiento de la NOM 070, así como su respectivo organismo evaluador y certificador³¹.

29 Parte del manejo comunitario incluye técnicas de colecta de semillas e hijuelos, su germinación y trasplante a áreas de manejo designadas, así como reglamentos internos, y vigilancia para la protección de los recursos naturales y el manejo de residuos.

30 Por ejemplo, la cocción del maguey en hornos de mampostería o en autoclaves es específica de la primera categoría, mientras que la segunda y la tercera sólo la admiten en hornos de pozo o de piedra. Para la destilación, la norma permite usar ollas de barro o alambiques de madera con montera de cobre en los mezcales ancestral y artesanal, mientras que los mezcales industrializados, la primera categoría, se destilan en alambiques de acero inoxidable

31 No sería lógico que un organismo que certifica la industria mezcalera con ciertos aparatos, parámetros y criterios pretenda certificar los mezcales destilados por los maestros mezcaleros. Tampoco sería sensato ni justo que una entidad centralizada evalúe y certifique todas las bebidas regionales. Lo pertinente es que cada región productora de mezcales, sean ancestrales o artesanales, disponga de su propio organismo

<p>cualquier empresario podría comprar los implementos para destilar un mezcal de categoría artesanal. Esto representa una ventaja para los inversionistas, pero una desventaja para los productores locales, quienes cuentan con menos capital y se hallan en condiciones desfavorables para competir (Ilsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es importante seguir asegurando que en la NOM 070, no incluyan propuestas hechas por grandes productores que se pronuncian a favor (en seguir los pasos del tequila, esto es), de permitir la elaboración de mezcales 100 % de maguey y mixtos (51 % de maguey y 49 % de otros azúcares), la utilización de agaves inmaduros y la exportación a granel (Ilsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018).
<p>Problemáticas de productores de agave</p>	
<p>Actores: Productores de agave Acciones: Limitantes administrativas, de gestión y comercialización. Problema: Desconocimiento de costos de producción, por lo que les es difícil establecer estrategias para el desarrollo del cultivo (Martínez Tenorio, 2017) (Martínez Tenorio, 2017) y capacidades de negociación. Las limitantes sociales (escolaridad, marginación, etc) influyen mucho en la ausencia de procesos administrativos (Martínez Tenorio, 2017).</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contar con información es contar con las herramientas para poder gestionar mejor los recursos. Es importante la capacitación y dar acompañamiento a los productores en la generación de un sistema administrativo sólido (en donde pueda registrar costos de insumos, mano de obra, costos de transporte, etc), para poder gestionar y comercializar con mayor poder de decisión (GIZ y CONABIO, 2021). • Es importante la inversión en mejorar los servicios básicos de las localidades, asegurar la educación, la salud y luz y agua.
<p>Actores: Productores de agave Acciones: Acuerdos, cooperación y planeación comunitaria o de grupos de productores. Problema: Hay desconocimiento de estudios respecto a la situación actual de muchas especies y variedades de agaves existentes (Martínez Tenorio, 2017) (Martínez Tenorio, 2017) en las diferentes regiones. No se tiene información sobre las edades y condiciones de las plantaciones (Martínez Tenorio, 2017), y de los agaves silvestres y agroforestales. La carencia de esta información más la falta de organización entre productores, los hace más vulnerable a la hora de vender el agave (Martínez Tenorio, 2017).</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda realizar un diagnóstico participativo inicial que permita distinguir los rasgos centrales del manejo del agave, así como capacitaciones para monitoreos comunitarios (efectuados por la misma población)³², que brinden datos confiables para los campesinos, y para las instituciones reguladoras, fomentando el manejo tradicional del recurso al lado de las instituciones (educativas, certificadoras y gobierno) y las herramientas con las que por generaciones han regulado la cosecha del maguey (Ilsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018). • Es recomendable que estas acciones se pueden integrar a los planes de manejo comunitario. • También se debe considerar la capacitación para organizarse de manera comunitaria o grupal, cuando se cuenta con un sistema organizativo e institucional fuerte y vivo, es más sencillo compartir técnicas de cultivo, manejo, muestreo y de

certificador y que los productores formen parte de él (Ilsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018).

³²Los datos generados por los propios dueños del agave poseen la confiabilidad necesaria para fundamentar la toma de decisiones colectiva sobre el manejo del recurso e incluso del territorio, además de que son útiles para legalizar el aprovechamiento del agave (Ilsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018).

	<p>análisis de datos. (Ilsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es importante considerar capacitación en resolución de conflictos, ya que es común entrar en disputa cuando se realizan actividades económicas de manera grupal. • Es importante impulsar procesos de reflexión y acción en las comunidades para establecer o actualizar normas de aprovechamiento de los agaves, considerando la institucionalidad y los conocimientos locales³³ (Ilsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018). • Promover acuerdos y comités de vigilancia encargados de coordinar estrategias preventivas de higiene forestal para el cuidado de las poblaciones de magueyes silvestres y los bosques (comités de vigilancia, brigadas) y dar cumplimiento de las reglas y aplicación de sanciones sobre el acceso y uso de los recursos
<p>Actores: Productores de agave Acciones: Capacidad de negociación de precios y falta de asociatividad Problema: Los productores de agave representan el eslabón con menores beneficios económicos (Curiel Avilés, Ruiz Martínez, Delfín García, & Gómez Díaz, 2017). Las familias dedicadas a las actividades del agave maguey (y mezcal) presentan altos niveles de inseguridad alimentaria, lo que puede contribuir al aumento o prevalencia de la pobreza, principalmente en las localidades rurales marginadas. (Vázquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019)</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es necesario incrementar la capacidades de gestión, y de comercialización, por ejemplo: que los productores tengan la capacidad de vender las piñas por peso y no por camioneta, para poder tener más control de sus ventas y ganancias (Martínez Tenorio, 2017). • Se propone por Vázquez Elorza y otros (2019) la creación del Programa Nacional de Emprendimiento de la Mujer Rural mezcalera en México (Vázquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019). • Como ya se ha mencionado la asesoría para productores de agave debe ser prioritaria. Se debe evitar asesoría intermitente o sin la preparación suficiente³⁴ (Martínez Tenorio, 2017). Se deben de considerar intercambios de conocimiento de comunidad a comunidad o productor a productor, intercambio de conocimientos y experiencias, como una técnica de capacitación. • Se deben de considerar créditos (con facilidades, ejemplo: sin garantías) para mejorar los activos de los productores, se debe apoyar a identificar procesos que por falta de recurso (ejemplo

33 El conocimiento local viene de generaciones atrás y poco a poco se pierde por la aplicación de prácticas más intensivas

34 Los resultados, puede tener efectos contrarios, los productores no vuelven a confiar ya que las pérdidas para ellos son irreversibles.

	<p>camionetas para transportar las piñas) restan ganancias. Además, se deben de considerar en los créditos, el recurso para la producción de otros productos agrícolas o pecuarios para sumar al sustento de las familias³⁵.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tomar acciones para la seguridad social, y la implementación de un seguro agrícola (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodriguez Peralta, 2019). • Se recomienda considerar la intervención de instancias o mecanismos reguladores de precios que puedan “fijar o promover” precios justos, en apoyo a corto plazo para los productores de agave, de igual forma el apoyo en el transporte y la formación de centros de acopio o cooperativas que les den a los productores, herramientas para poder comercializar las piñas (el Instituto de Economía Solidaria Maguey Mezcal, podría tener estas facultades).
<p>Actores: Productores de agave Acciones: Promover el conocimiento científico y económico, sin olvidar el conocimiento cultural. Problema: Es importante promover el conocimiento administrativo y científico en las comunidad, pero considerando que este conocimiento no debe de remplazar riqueza cultural y ambiental de los productores, ya que esto implicaría que se vuelvan más vulnerables y se acentúa su pobreza (Placencia de la Torre, 2018) También hay que recordar que la desventaja académica vulnera a las familias (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodriguez Peralta, 2019).</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es importante tener un Programa de profesionalización, la creación de un sistema de formación de productores calificados contribuye a la generación de estrategias en pro de la producción y mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodriguez Peralta, 2019). • No se debe de dejar de promover el manejo forestal de los agaves mezcaleros, el cual incluye todas las prácticas que se aplican a los agaves en el monte y en parcelas, que además contribuyen a recuperar y mantener biodiversidad, agua y suelo. Las mejores estrategias de manejo cuentan con esquemas organizativos y normativos grupales, comunitarios o regionales (Ilsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018). • Vázquez Elorza, y otros, (2019) menciona que es posible instaurar un sistema de turismo sustentable entre el ecosistema del sector para generar otras fuentes de ingresos para las familias. (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodriguez Peralta, 2019).
<p>Problemas en el cultivo y manejo de agave</p>	
<p>Actores: Productor de agave</p>	

³⁵Es importante considerar que los tamaños de predios son en promedio entre 1.5 y 2 hectáreas, lo que limita la producción de maguey por productor (Martínez Tenori, 2017) ya que siempre se deben de considerar áreas para una diversidad de actividades productivas.

<p>Acciones: Manejo inadecuado (paquetes tecnológicos).</p> <p>Problema: Martínez Tenorio, (2017) menciona que se emplean paquetes tecnológicos no adaptados para todas las especies y todas las regiones (Martínez Tenorio, 2017). Esto se debe en parte a las aplicaciones empíricas de abonos orgánicos³⁶, sin embargo su manejo no es el adecuado, debido a que no se incorporan cantidades basadas en análisis del suelo o del abono en congruencia con la fenología de la planta (Morales I. , Martínez Gutiérrez, Cortés-Martínez, Aquino Bolaños, Escamirosa Tinoco, & Hernández Tolentino, 2017).</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacitación, asesoría e implementación de paquetes tecnológicos por región (Martínez Tenorio, 2017). • Convenios de vinculación con instituciones de gobierno, instituciones académicas y productores (Martínez Tenorio, 2017). • Capacitación y adquisición de equipo para determinar grados brix en verde (Martínez Tenorio, 2017). • Capacitación en la elaboración y uso de abonos orgánicos en base a análisis de suelo (Morales I. , Martínez Gutiérrez, Cortés-Martínez, Aquino Bolaños, Escamirosa Tinoco, & Hernández Tolentino, 2017). • Promover y apoyar a las instituciones académicas en las investigaciones sobre la biología, diversidad genética, y nutrición de las diferentes especies de agave del estado.
<p>Actores: Productor de agave</p> <p>Acciones: Manejo inadecuado (amenazas a los ecosistemas).</p> <p>Problema: Es necesario promover el cultivo de agave sin ocasionar la deforestación y degradación de la vegetación. La erosión del suelo y la captación de agua son de gran importancia en las comunidades. Se reportó por Martínez Tenorio (2017) que no hay o son muy limitados los sistemas de captación de agua y suelo, que permitan el desarrollo de las plantaciones de maguey (Martínez Tenorio, 2017). El establecimiento de cultivos en pendientes o laderas pueden incrementar la erosión del suelo (Martínez Tenorio, 2017) ya que no son colocadas perpendiculares a la pendientes.</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gestión de programas de capacitación en conservación de suelo, agua y agaves³⁷ locales (Martínez Tenorio, 2017). • Preservar las unidades de producción para evitar la erosión de suelos y la tala de árboles (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019). En sistemas forestales (donde hay poblaciones silvestres de agave) no debe haber cambio de uso del suelo, ni reducción de la cobertura vegetal (GIZ y CONABIO, 2021). • Se recomienda difundir y capacitar buenas prácticas asociadas con la sustentabilidad agrícola-ecológica y social (practicado de manera tradicional en localidades de Oaxaca), ya que las prácticas agrícolas incluyen: <ul style="list-style-type: none"> • Cercos vivos (Placencia de la Torre, 2018). • Surcos perpendiculares a la pendiente (Placencia de la Torre, 2018). • Riqueza de especies que se cultivan de forma asociada (Placencia de la Torre, 2018). Favorecer la diversidad genética de los agaves (Placencia de la Torre, 2018). Con establecimiento de

36 como el estiércol bovino, algunos residuos de la agroindustria del mezcal como el bagazo, entre otros, aportes que proporcionan algunos beneficios nutrimentales al suelo y a las plantas

37 Algunas técnicas de conservación de suelos son terrazas a contrapendiente, cercos de piedras, cajetes alrededor de magueyes y mantenimiento de rastros, para detener la erosión hídrica se pueden implementar barreras vivas con agaves y vegetación local (GIZ y CONABIO, 2021).

	<p>un banco de germoplasma de magueyes silvestres en las regiones del país (Martínez Tenorio, 2017).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Producción continua con la siembra alternada (Placencia de la Torre, 2018)³⁸. • Generar valor agregado con el destilado, en lugar de la venta del agave como materia prima (Zizumbo et al. 2009 en (Placencia de la Torre, 2018). • Hacer deshierbes en la etapa de desarrollo, para incrementar el peso de la piña y acortar periodos de crecimiento (Martínez Tenorio, 2017). • Plantar los magueyes con suficiente espacio entre ellos para permitir su adecuado crecimiento y mantener cultivos anuales o acolchados para evitar el suelo desnudo (GIZ y CONABIO, 2021). • Separar los hijuelos de los magueyes madre para evitar el amontonamiento y realizar rotación de los sitios de cosecha para la regeneración de poblaciones de agave (GIZ y CONABIO, 2021)³⁹. • Protección de recursos vegetales y conocimiento artesanal, ancestral, aprovechamiento de los subproductos (agro residuos) (Ilsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018).
<p>Actores: Productor de agave</p> <p>Acciones: Amenazas a la diversidad de agaves.</p> <p>Problema: Martínez Tenorio (2017), menciona el incremento en la extracción de especies⁴⁰ bajo estatus de protección, provocando una alta presión sobre los recursos⁴¹</p> <p>Por su parte (Garnica Sanchez, Las plantaciones de maguey espadín (Agave augustifolia) y su impacto en las selvas bajas caducifolias y sus alternativas, 2016). 2016), menciona que otra amenaza son el pastoreo y los incendios forestales, que diezman las poblaciones y reduce la variabilidad genética (Garnica</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faltan programas de conservación de especies nativas (silvestres)⁴². Contar con viveros comunitarios⁴³(con plantas obtenidas de semillas⁴⁴), mejorar el manejo de las plantaciones existentes y reducir la edad a madurez del agave (Martínez Tenorio, 2017). • Promover la reforestación de áreas degradadas con agaves de la región (preferentemente obtenidos de semillas) y mantener o restaurar parches de vegetación nativa en el área donde se siembren los agaves (GIZ y CONABIO, 2021). Se puede incorporar especies de árboles y arbustos nativos, bajo distintas prácticas agroforestales, como cercos vivos, franjas de vegetación, cortinas rompeviento, manchones de vegetación (GIZ y CONABIO, 2021)

38Plantar constantemente agaves juveniles para tener plantas de diferentes edades en la parcela, predio o terreno UICN.

39Es importante llevar registros comunitarios o por grupos.

40El aprovechamiento “sin control de las poblaciones silvestres” (por ejemplo *A. potarum* (Garnica Sanchez, Las plantaciones de maguey espadín (Agave augustifolia) y su impacto en las selvas bajas caducifolias y sus alternativas, 2016).

41la participación de los productores es incipiente y la institucional no ha llegado a acuerdos que permitan frenar o limitar dicho tráfico.

42Incluir monitoreo con registro del nombre común, científico, característica distintiva y abundancia de variedades locales de maguey, tasas de aprovechamiento y colectas para propagación de semillas.

43El tiempo recomendado que debe de estar la planta en vivero, es de 3 años o que cuente con cinco o seis pencas.

44semillas que vengan de inflorescencias maduras de magueyes sanos que presenten distintas variantes morfológicas (GIZ y CONABIO, 2021)

<p>Sanchez, Las plantaciones de maguey espadín (<i>Agave augustifolia</i>) y su impacto en las selvas bajas caducifolias y sus alternativas, 2016).</p> <p>Algunos productores esperan apoyos gubernamentales para proteger el agave, pero igual se han reportado iniciativas individuales, si no se toman acuerdos comunitarios los agaves no siempre son respetados (Illsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018)</p> <p>No siempre la solución son las políticas públicas que incluyen apoyos a los productores para que adopten el manejo <i>ex situ</i>. Las experiencias de manejo del agave en monocultivo han mostrado que, no es una estrategia realmente sustentable en el largo plazo (Illsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tener brigadas de capacitación o programas de manejo de fuego y establecimiento de brechas corta fuego (GIZ y CONABIO, 2021). • Promover el intercambio de variedades entre productores de la misma región (sin introducir especies de maguey ajenas a la región) (GIZ y CONABIO, 2021). • Permitir que mínimo el 5% de los magueyes maduros desarrollen sus flores y frutos de manera distribuida en la parcela, predio o terreno (GIZ y CONABIO, 2021). • Protección de individuos maduros contra el ramoneo en la etapa inicial del desarrollo del escapo floral o quiote. Evitar el pisoteo de individuos en etapas tempranas (manejo de ganado). • Colecta y reubicación de individuos jóvenes que se encuentren demasiados juntos entre si y a la madre.
<p>Actores: Productor de agave</p> <p>Acciones: Plagas y enfermedades</p> <p>Problema: Unos de los insectos plaga más importantes en la actualidad es el picudo del maguey (<i>Scyphophorus acupunctatus</i>), y el escarabajo rinoceronte o torito (<i>Strategus aloeus L.</i>). Patógenos, como “pudrición blanda” o secazón (<i>Erwinia</i> sp. bacteria que afecta tanto a la porción foliar como a la piña del maguey) y “Mancha Marginal, Punta Seca o Gomosis” (<i>Fusarium oxisporum</i>), se caracteriza porque las hojas comienzan a secarse desde la punta), antracnosis (<i>Colletotrichum magavis</i>) la cual inicia con puntos verdes que posteriormente tienen una coloración café o gris, la cual se extiende a toda la hoja dándole un color amarillo pálido; y “Anillo rojo” (<i>Erwinia amylovora</i> y <i>Cercospora agavicola</i>), la cual provoca una constricción basal en el cogollo que produce exudaciones de un líquido</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacitación y promoción de buenas prácticas, en la prevención de plagas y enfermedades: <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar cultivos intercalados⁴⁵ como frijol, garbanzo, maíz precoz, mezquite y acacias (además que pueden ser aprovechados como sustento para las familias) (Ruiz-Vega, 1993; Altieri y Nicholls, 2000), Ruiz Vega, Jaime; Aquino Bolaños, Teodulfo ; Delgado Gamboa, Juan R.; Cortés (2017). • Se ha demostrado que el cultivo de agave responde a la fertilización⁴⁶, lo cual se refleja en una mayor producción (Enríquez-del Valle, 2007), además que una planta bien nutrida será más tolerante al ataque de patógenos (López, 2007). • Se pueden establecer cultivos para abono verde, no necesariamente leguminosas. Especies como trigo y sorgo alcanzan más del 70 % de los contenidos máximos de nitrógeno, fósforo y potasio en la etapa de espiga (Jones y Olson-Rutz, 2009 en: Ruiz Vega, Jaime; Aquino Bolaños, Teodulfo; Delgado Gamboa, Juan R.; Cortés (2017).

45 Los cultivos intercalados reducen malezas, plagas y enfermedades, pueden mejorar la calidad del suelo, incrementan la productividad de la tierra y atenúan la variabilidad del ingreso (Ruiz-Vega, 1993; Altieri y Nicholls, 2000). Ruiz Vega, Jaime; Aquino Bolaños, Teodulfo; Delgado Gamboa, Juan R.; Cortés (2017)

46 Si bien los cultivos de agave se establecen bien en suelos someros y erosionados de baja fertilidad y en general el cultivo del maguey no se fertiliza directamente, (solo de manera indirecta puede recibir algún nutriente de los que se aplican entre las hileras para otros cultivos como el maíz).

<p>blanco y pegajoso, adquiriendo posteriormente un color rojizo .</p>	<p>Se puede operar un fondo local para comprar insumos para el control de plagas y de capacitación en manejo integral de las mismas (Martínez Tenorio, 2017).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implementación de programas regionales fitosanitarios (Martínez Tenorio, 2017). • Se debe de dar capacitación sobre el trapeo del picudo del agave, con feromonas y atrayentes para evitar el uso de insecticidas (registros) (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019).
Problemas de productores de mezcal	
<p>Actores: Productor de mezcal Acciones: Pérdida de producción artesanal y ancestral. Problema: Los sistemas de producción artesanal en Oaxaca están disminuyendo, lo cual tiene que ver con las políticas gubernamentales que favorecen la industrialización y marginan la producción artesanal (Bautista, Orozco y Terán 2015). Adicionalmente, empresas de mayor tamaño, suman a su propia producción la de otros pequeños productores ⁴⁷, presionando a la baja el precio por litro (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019)</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Promover mecanismos legales que mantengan el conocimiento cultural de elaboración del mezcal, lo cual le permite a la entidad competir con variedad en el mercado nacional e internacional. (Martínez Tenorio, 2017). • Es recomendable implementar programas de capacitación para mejorar la calidad físico-química del mezcal (manteniendo la diversidad cultural de los procesos originarios) (Martínez Tenorio, 2017). • Establecer mecanismos (convenios, contratos) que promuevan las sociedades (productor ancestral y artesanal – con comercializador) (Martínez Tenorio, 2017). • La variedad y diversidad de mezcales, permite ubicar diferentes nichos de mercado (Martínez Tenorio, 2017).
<p>Actores: Productor de mezcal Acciones: Poco acceso de los pequeños productores al registro de marcas y certificación del mezcal y su desventaja en el mercado. Problema: Los pequeños productores carecen de conocimiento normativo, lo que ocasiona (junto con sus limitaciones económicas) que la mayoría no tenga el registro de se marca y certificación (Martínez Tenorio, 2017). De igual forma, la carencia de conocimiento en los procesos administrativos y la escasa o nula generación de registros administrativos, no permite que los productores tengan</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Poner en marcha un programa de talleres para la difusión y cumplimiento de la NOM 070 y sistema HACCP (Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control) (Martínez Tenorio, 2017). • Hay que considerar la creación de órganos reguladores y certificadores regionales que den certeza al consumidor y signifiquen costos accesibles para el productor y una oportunidad para destacar la riqueza biocultural expresada en el cultivo del maguey y la elaboración del mezcal (Illsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018). • Para el caso del mezcal, la coexistencia del tipo industrial, artesanal y ancestral, permite observar diversos tipos de

47las grandes empresas se han hecho de las compañías mejor organizadas, incluyendo en su catálogo a algunas marcas de mezcal (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019).

<p>poder de negociación con las comercializadores y envasadoras y la trazabilidad de su producto (Martínez Tenorio, 2017).</p> <p>Carecen de créditos o fondos económicos para invertir en el envasado de sus producción (Martínez Tenorio, 2017) y certificado y registro de marcas. Los requisitos para el posicionamiento en almacenes o cadenas, son costosos y requieren de trámites difíciles de seguir para los pequeños productores (iniciando por los procesos de certificación) por lo que alcanzar los mayores mercados, generalmente muy exigentes, como los de la ciudad de México y el extranjero, se encuentra reservado para empresas con mayores capacidades productivas y recursos (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019).</p>	<p>cadenas que pueden tener tres o más eslabones, orientados a diferentes mercados. El reto es obtener una dirección y orientación de la cadena productiva, que permita hacer confluir cada cadena en objetivos y metas comunes. (Martínez Tenorio, 2017).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Créditos a la producción mezcalera para pequeños y medianos productores (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019). • Capacitación para la formación de los hijos mezcaleros, profesionalización del oficio, temas de administración, fiscalización hacendaria (Martínez Tenorio, 2017), certificación y registro de marcas, comercialización, entre otros (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019). • Sistema para discriminar precios diferenciados (valorizados) según tipo de mezcal (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019). • Generación del Instituto de Economía Solidaria Maguey Mezcal que coadyuve en la comercialización, exportación y encadenamientos de los eslabones, principalmente orientado hacia los pequeños productores (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019). • Promover productos únicos y elaborados bajo condiciones tradicionales de producción (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019), en ferias y convenciones. • Promover la organización de pequeños productores, cuya estrategia debería centrarse en intentar colocar ellos mismos su producto en los mercados de consumidores finales, evitando el uso de intermediarios en la medida de los posible (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019).
<p>Problemas en la producción de mezcal</p>	
<p>Actores: Productor de mezcal</p> <p>Acciones: Carencia de infraestructura y estandarización de procesos.</p> <p>Problema: Martínez Tenorio (2017) identifica que falta infraestructura y equipo para el procesamiento correcto del mezcal, para incrementar la eficiencia de los procesos y estandarizar el mezcal del mismo palenque (Martínez Tenorio, 2017)</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es necesaria la asesoría técnica y capacitación en planeación y estandarización de procesos, en manejo de personal, de seguridad laboral, ambiental y normatividad (Martínez Tenorio, 2017). • Promover transferencia de innovaciones y tecnología según a las necesidades reales del sector a través de laboratorios móviles (mezcal móvil) para acercar las soluciones a los

	<p>problemas reales en el campo, etc (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodriguez Peralta, 2019).</p> <ul style="list-style-type: none"> • La vinculación entre las instituciones que promueven el desarrollo de paquetes tecnológicos debe ser regida en conjunto entre productores organizados y las dependencias estatales (Martínez Tenorio, 2017). • Establecer un programa de buenas prácticas de manufactura (Martínez Tenorio, 2017). • Habilitación de un programa integral para el mejoramiento de los palenques. (Martínez Tenorio, 2017). • Creación de un fideicomiso con la concurrencia de los gobiernos y empresas para apoyar el equipamiento y fortalecimiento de los palenques (Martínez Tenorio, 2017). • Proyectos de investigación e implementación de tecnologías aplicadas a los palenques para mejorar la competitividad y calidad de las bebidas, así como, para generar valor agregado a los subproductos (Plataforma Tecnológica) (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodriguez Peralta, 2019).
<p>Actores: Productor de mezcal Acciones: Escasez de materia prima. Problema: La falta de planeación entre palenqueros y productores de agave, puede generar escasez de agave⁴⁸ lo que incrementa el precio de los mismos. Lo que también genera un mayor desplazamiento para la compra de materia prima (Martínez Tenorio, 2017). La leña para el proceso es escasa y su precio mayor, las variedades silvestres cada vez son más difíciles de conseguir, aunado a estos cambios en la vegetación los cambios estacionales o eventos meteorológicos (las sequías y heladas) cada vez son más frecuentes y retrasan el proceso de crecimiento de los agaves (Martínez Tenorio, 2017).</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Como ya se ha mencionado, es necesaria la planeación y coordinación entre productores de agave y palenqueros, para evitar escasez y sobreproducción. El monitoreo y el censo de agave debe de ser compartido en mesas de cooperación (Martínez Tenorio, 2017). • Se deben de promover la instalación y equipamiento de viveros y reforestación de plantas dendroenergéticas (para leña) de la región (Martínez Tenorio, 2017). • Como ya se ha sugerido es necesario el programa que promuevan la reposición del inventario magueyero en el estado de Oaxaca, con cofinanciamiento federal Estatal Municipal y de productores y empresas (Martínez Tenorio, 2017).
<p>Actores: Productor de mezcal Acciones: Impacto ecológico.</p>	<p>Recomendación:</p>

⁴⁸La demanda de materia prima (maguey en piña) por parte de tequileros provenientes de Jalisco, también ocasiona que se distorsione el mercado regional (Martínez Tenori, 2017).

<p>Problema: Para el proceso de obtención del mezcal, se realiza la quema excesiva y sin control de algunas especies maderables y generalmente hay un mal manejo de los residuos (bagazo, vinazas, otros residuos), esto puede generar la contaminación de los cuerpos de agua, los residuos pueden atraer vectores portadores de enfermedades (salud pública), y propiciar el agotamiento de especies maderables (afecta el ecosistema y aumenta la vulnerabilidad a desastres naturales) (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodriguez Peralta, 2019).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es importante señalar que existe una creciente sensibilización entre los productores de mezcal del problema del deterioro de los recursos naturales, (Martínez Tenorio, 2017) pero falta continuar con la sensibilización y sobre todo dar alternativas de remediación y buenas prácticas. • Se debe de promover el uso de los “residuos vegetales” para por ejemplo forrajes, abonos, etc. • Se deben de realizar estrategias para brindar un tratamiento de bajo costo a las vinazas. • Se debe de procurar la limpieza y buen manejo de residuos en las áreas de trabajo para evitar vectores dañinos.
Problemas de envasadores y/o comercializadores (distribuidores, puntos de venta)	
<p>Actores: Productor de mezcal, envasador y comercializadores Acciones: Maquila del envasado y comercialización. Problema: Actualmente existe una importante presencia de inversionistas nacionales y extranjeros que han iniciado un fenómeno de maquila en Oaxaca. En donde el productor de mezcal entrega su producto a granel o envasa a la marca previamente convenida (Curiel Avilés, Ruiz Martínez, Delfín García, & Gómez Díaz, 2017)</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe de promover entre consumidores, distribuidores, intermediarios y productores, que así como se aplican y aplauden las buenas prácticas de manejo, es necesario tener una equivalencia directa con buenas prácticas de comercialización, las que se traduzcan en la creación de mecanismos de comercio justo y solidario. (Illsley Granich, y otros, Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales, 2018). • Se debe de promover el trabajo conjunto de productor, comercializador y gobierno.
<p>Actores: Productor de mezcal, envasador y comercializadores Acciones: Publicidad del mezcal Problema: Falta la promoción de los productos e información al público sobre sus cualidad (Martínez Tenorio, 2017).</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Promover la participación en eventos (mesas de negocios nacionales e internacionales). • Promover la capacitación en mercadotecnia para productores o comercializadores. • Promover firmas de contratos o convenios entre productores de mezcal y comercializadores (Martínez Tenorio, 2017). • Es posible considerar la gestión conjunta de marcas (Martínez Tenorio, 2017) para los pequeños productores. • Construcción de un programa concurrente de difusión de la cultura del mezcal para promover ferias y publicidad del mezcal y su cultura (Martínez Tenorio, 2017). • Apoyo para creación de mercados de mezcales artesanales y ancestrales (Martínez Tenorio, 2017).

	<ul style="list-style-type: none"> • Promover unidad de comercialización y venta de los productos generados por los pequeños productores en las localidades rurales (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019) • Implementación de un programa de capacitación para mejorar la imagen del producto (diseño de botellas, etiquetas, marcas, etc.) (Martínez Tenorio, 2017).
<p>Actores: Productor de mezcal, envasador y comercializadores</p> <p>Acciones: Vigilancia y sanciones</p> <p>Problema: La vinculación institucional para la aplicación de la normatividad es muy limitada, no se tienen mecanismos institucionales que permitan confiscar el producto que no cumple con la norma en los mercados regionales (Martínez Tenorio, 2017).</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generar y difundir información para orientar al consumidor, sobre calidad del mezcal (Martínez Tenorio, 2017). • Promover la creación de instancias o mecanismos que permitan sancionar prácticas desleales (copias de marcas, no cumplimiento de grado alcohólico, no cumplimiento del reposado o adulteración, venta de producto por debajo del precio, etc.) (Martínez Tenorio, 2017).
<p>Actores: Productor de mezcal, envasador y comercializadores</p> <p>Acciones: Impuesto y nichos de mercado.</p> <p>Problema: Altos impuestos. La burocracia encarece más el producto. Hace falta un alto conocimiento del mercado y la normatividad referente a la comercialización.</p>	<p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer mesas de negociación para bajar los impuestos para productores de mezcal (Martínez Tenorio, 2017). • Fiscalidad y focalización de los impuestos obtenidos del mezcal, análisis de los impuestos y costos sociales asociados a la salud pública para evidenciar la naturaleza de los efectos reales del agave mezcal (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019). • Estudio Socioeconómico, Neuroeconomía y evaluación sensorial para identificar nichos de mercado (comercio), cuantificar las elasticidades del producto en el mercado nacional e internacional, entre otros (Vazquez Elorza, Rivera Ramírez, Gutiérrez Mora, Olvera Vargas, Romero Romero, & Rodríguez Peralta, 2019).

Anexo 3. CLASIFICACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS S (CAMACHO VALDEZ & RUÍZ LUNA, 2012):

Servicios de soporte (de apoyo): necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos.

- Formación de suelos
- Reciclaje de nutrientes
- Producción primaria.

Aprovisionamiento: productos obtenidos del ecosistema

- Alimentos
- Agua dulce
- Leña
- Fibras
- Bioquímicos
- Recursos genéticos.

Regulación: beneficios obtenidos de la regulación de los procesos del ecosistema.

- Regulación de clima
- Regulación de enfermedades
- Regulación y saneamiento del agua
- Polinización

Culturales: beneficios no materiales que la gente obtiene de los ecosistemas.

- Espiritual y religioso
- Estético
- Inspirativo
- Educativo
- Identidad de sitio
- Herencia cultural

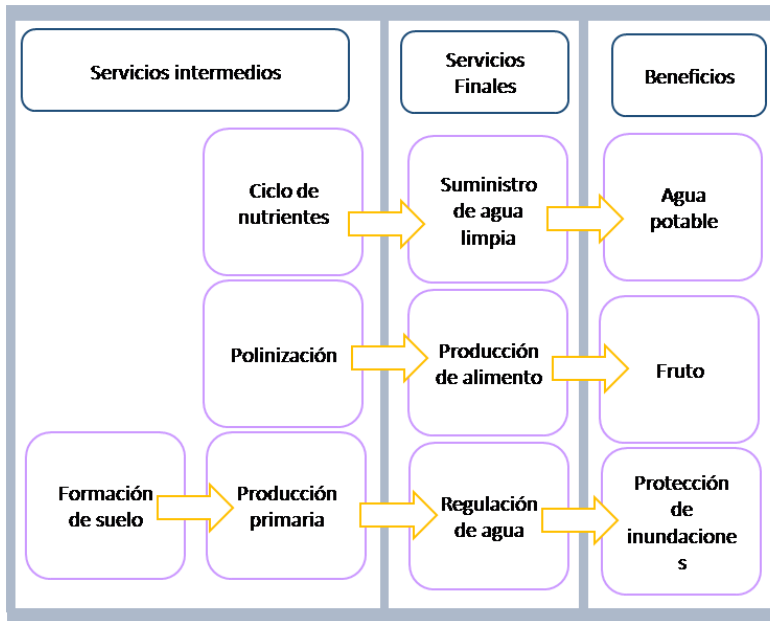


Anexo 4. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN BASE AL VALOR HUMANO.

Categoría de valor humano	Servicios ecosistémicos experimentados a un nivel humano (individual)	Ejemplos de los procesos y bienes que requieren ser manejados para derivar en servicios ecosistémicos
Recursos suficientes	<ul style="list-style-type: none"> • Alimento • Oxígeno 	<p>Procesos del ecosistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulación biológica • Regulación del clima • Regulación del gas • Manejo de la tierra para recreación • Regulación de nutrientes • Polinización • Formación y retención de suelos
Protección de depredadores/enfermedades/parásitos	<ul style="list-style-type: none"> • Agua (potable) • Energía • Dispersión de enfermedades 	
Condiciones ambientales propicias (físicas y químicas)	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de depredadores • Protección de enfermedades y parásitos • Temperatura • Humedad • Luz • Química 	
Cumplimiento sociocultural	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfacción espiritual y filosófica • Recreacional • Estético • Valores de oportunidad, capacidad para evolución biológica y cultural <ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento/recursos educativos • Recursos genéticos 	<p>Elementos bióticos y abióticos</p> <p>Los procesos son manejados para proporcionar una composición y estructura particular de los elementos del ecosistema. Los elementos pueden ser descritos como bienes de los recursos naturales como por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biodiversidad • Tierra • Agua • Aire • Energía

Modificada de Wallace (2007) en (Camacho Valdez & Ruíz Luna, 2012).

Anexo 5. CLASIFICACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS RELACIONANDO LOS INTERMEDIOS, FINALES Y SUS BENEFICIOS



Ejemplo de humedales (Turner et al., 2008) tomado de (Camacho Valdez & Ruíz Luna, 2012).

Anexo 6. CLASIFICACIÓN DE LAS PRESIONES Y AMENAZAS, EN RELACIÓN A SU SEVERIDAD, ALCANCE E IRREVERSIBILIDAD.

<p>La Severidad es el nivel de daño que puede esperarse para los servicios ecosistémicos en una determinada localización durante los próximos 20 años bajo las circunstancias actuales. Se emplean los siguientes valores</p>	<p>El Alcance es la cobertura geográfica de la presión sobre el servicio ecosistémicos en el sitio que puede esperarse para los próximos 20 años bajo las circunstancias actuales.</p>	<p>La Irreversibilidad mide la dificultad de revertir los impactos de esa amenaza o fuente de presión</p>																								
<table border="1"> <tr> <td style="background-color: red; color: white; text-align: center;">Muy alta</td> <td>Es probable que la presión <i>elimine</i> al ecosistema.</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange; text-align: center;">Alta</td> <td>Es probable que la presión <i>deteriore seriamente</i> al ecosistema.</td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow; text-align: center;">Media</td> <td>Es probable que la presión <i>deteriore moderadamente</i> al ecosistema.</td> </tr> <tr> <td style="background-color: lightgreen; text-align: center;">Baja</td> <td>Es probable que la presión <i>deteriore ligeramente</i> al ecosistema.</td> </tr> </table>	Muy alta	Es probable que la presión <i>elimine</i> al ecosistema.	Alta	Es probable que la presión <i>deteriore seriamente</i> al ecosistema.	Media	Es probable que la presión <i>deteriore moderadamente</i> al ecosistema.	Baja	Es probable que la presión <i>deteriore ligeramente</i> al ecosistema.	<table border="1"> <tr> <td style="background-color: red; text-align: center;">Muy alta</td> <td>Es probable que la presión esté <i>ampliamente distribuida</i>.</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange; text-align: center;">Alta</td> <td>Es probable que la presión tenga <i>amplio alcance y afecte muchas localizaciones</i>.</td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow; text-align: center;">Media</td> <td>Es probable que la presión tenga un <i>alcance local y afecte algunas localizaciones</i>.</td> </tr> <tr> <td style="background-color: lightgreen; text-align: center;">Baja</td> <td>Es probable que la presión tenga <i>alcance limitado y afecte pocas localizaciones</i>.</td> </tr> </table>	Muy alta	Es probable que la presión esté <i>ampliamente distribuida</i> .	Alta	Es probable que la presión tenga <i>amplio alcance y afecte muchas localizaciones</i> .	Media	Es probable que la presión tenga un <i>alcance local y afecte algunas localizaciones</i> .	Baja	Es probable que la presión tenga <i>alcance limitado y afecte pocas localizaciones</i> .	<table border="1"> <tr> <td style="background-color: red; text-align: center;">Muy alta</td> <td>Cuando los impactos son permanentes, o cuando las dificultades (tiempo, logística, capacidades técnicas, etc.) o los costos para revertirlos son demasiados altos. Cuando la reversión se encuentra en los márgenes de lo posible, pero presenta dificultades, tiene un costo elevado y requiere de una alta inversión de tiempo.</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange; text-align: center;">Alta</td> <td>Cuando las dificultades, costos y tiempo para revertir los impactos son moderadas.</td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow; text-align: center;">Media</td> <td>Cuando las dificultades, costos y tiempo permiten una fácil reversión de los impactos de la presión.</td> </tr> <tr> <td style="background-color: lightgreen; text-align: center;">Baja</td> <td></td> </tr> </table>	Muy alta	Cuando los impactos son permanentes, o cuando las dificultades (tiempo, logística, capacidades técnicas, etc.) o los costos para revertirlos son demasiados altos. Cuando la reversión se encuentra en los márgenes de lo posible, pero presenta dificultades, tiene un costo elevado y requiere de una alta inversión de tiempo.	Alta	Cuando las dificultades, costos y tiempo para revertir los impactos son moderadas.	Media	Cuando las dificultades, costos y tiempo permiten una fácil reversión de los impactos de la presión.	Baja	
Muy alta	Es probable que la presión <i>elimine</i> al ecosistema.																									
Alta	Es probable que la presión <i>deteriore seriamente</i> al ecosistema.																									
Media	Es probable que la presión <i>deteriore moderadamente</i> al ecosistema.																									
Baja	Es probable que la presión <i>deteriore ligeramente</i> al ecosistema.																									
Muy alta	Es probable que la presión esté <i>ampliamente distribuida</i> .																									
Alta	Es probable que la presión tenga <i>amplio alcance y afecte muchas localizaciones</i> .																									
Media	Es probable que la presión tenga un <i>alcance local y afecte algunas localizaciones</i> .																									
Baja	Es probable que la presión tenga <i>alcance limitado y afecte pocas localizaciones</i> .																									
Muy alta	Cuando los impactos son permanentes, o cuando las dificultades (tiempo, logística, capacidades técnicas, etc.) o los costos para revertirlos son demasiados altos. Cuando la reversión se encuentra en los márgenes de lo posible, pero presenta dificultades, tiene un costo elevado y requiere de una alta inversión de tiempo.																									
Alta	Cuando las dificultades, costos y tiempo para revertir los impactos son moderadas.																									
Media	Cuando las dificultades, costos y tiempo permiten una fácil reversión de los impactos de la presión.																									
Baja																										

Anexo 7. ANÁLISIS DE AMENAZAS PARA EL MATORRAL XERÓFILO, SELVAS SECAS Y BOSQUES.

Análisis de amenazas para el matorral xerófilo.

S	A	I	Amenaza	S	A	I	FUENTES DE PRESIÓN	Origen de presión	Valor												
4	2	4	Perdida	3.3	4	2	4	Cambio de uso de suelo	3.3	Urbanización	3.0										
										Agricultura comercial	2.0										
										Agricultura tradicional	1.7										
										Minería	3.0										
										Infraestructura eléctrica	3.0										
										Rellenos sanitarios	3.0										
										Asentamientos humanos	3.3										
										Movimientos en masa	3.0										
										Ganadería intensiva	3.0										
										Vías de comunicación	3.3										
										Actividades pecuarias	2.7										
										Actividades agrícolas	2.3										
										Cacería	3.0										
Conflictos agrarios	3.0																				
Tormentas eléctricas	2.0																				
Turismo	1.0																				
2	2	2	Degradación	2.0	3	2	2	Actividades de borde	2.3	Basureros a cielo abierto	2.3										
										Extr. Esp. maderables y no maderables	2.3										
										Basureros a cielo abierto	2.3										
										Especies invasoras	3.0										
										Minería	3.0										
										Ganadería extensiva e intensiva	3.0										
										Agricultura tecnificada (uso de agroquímicos, fuego recurrente, salinidad, etc)	2.7										
										Agricultura de temporal	2.0										
										4	1	1	Incendios forestales	2	4	1	1	Incendios forestales	2	Actividades pecuarias	2.7
																				Actividades agrícolas	2.0
																				Cacería	3.0
																				Turismo	1.0
										4	2	4	Erosión	3.0	4	2	4	Erosión	3.0	Basureros a cielo abierto	2.3
Actividades de borde e incendios forestales	3.0																				
2	2	4	Cambio climático	2.7	2	2	4	Cambio climático	2.7	Huracanes	3.3										
										Modificación del proceso fenológico	4.0										
										Sequías	1.0										
										Inundaciones	4.0										
										Plagas	4.0										

Fuente: (Simonit S. A., 2020). I= irreversibilidad, A= alcance y S= severidad de la presión.

Análisis de amenazas del Bosque

S	A	I	AMENAZAS	S	A	I	FUENTES DE PRESIÓN	Fuente de presión	Valor									
4	2	4	Perdida	3.3	4	2	4	Cambio de uso de suelo	3.3	Urbanización	3.3							
										Agricultura comercial	2.7							
										Agricultura tradicional	2.0							
										Minería	3.0							
										Inundaciones	3.0							
										Movimientos en masa	3.0							
										Ganadería extensiva	2.3							
										Ganadería intensiva	2.7							
										Vías de comunicación	3.3							
										Actividades pecuarias	3.0							
										Actividades agrícolas	2.7							
										Cacería	2.7							
										Incendios de conflictos agrarios	3.0							
										Incendio por líneas eléctricas	2.0							
2	3	2	Degradación	2.3	4	3	2	Actividades de borde	3.0	Extr. Esp. maderables y no maderables	3.0							
										Basureros a cielo abierto	3.0							
										Bancos de material	3.0							
										Minería	3.0							
										Ganadería extensiva e intensiva	2.3							
										Agricultura de temporal	2.3							
										Actividades pecuarias	3.0							
										Actividades agrícolas	2.7							
										Cacería	2.7							
										Turismo	1.0							
										Basureros a cielo abierto	2.3							
										Huracanes	3.3							
										Modificación del proceso fenológico	4.0							
										Sequías	4.0							
Inundaciones	3.0																	
Plagas	4.0																	
4	2	4	Perdida	3.3	3	2	2	Incendios forestales	2.3	Deslindes	1.3							
										Turismo	1.0							
										Basureros a cielo abierto	2.3							
										Incendios forestales	2.33	4	2	1	4	2	1	2.7
										Cacería	2.7							
										Turismo	1.0							
										Basureros a cielo abierto	2.3							
										Cambio climático	4.0	4	4	4	4	4	4.0	
										Sequías	4.0							
										Inundaciones	3.0							
										Plagas	4.0							

Fuente: (Simonit S. A., 2020). I= irreversibilidad, A= alcance y S= severidad de la presión.

Análisis de amenazas de la selva seca.

S	A	I	AMENAZAS	S	A	I	FUENTES DE PRESIÓN	Fuente de presión	Valor		
4	2	4	Perdida	3.3	4	2	4	Cambio de uso de suelo	3.3	Urbanización	3.3
										Agricultura comercial	2.3
										Agricultura tradicional	1.7
										Bancos de material	3.0
										Ganadería extensiva	2.3
										Ganadería intensiva	2.7
										Vías de comunicación	3.3

2	2	2	Degradación	2.0	3	2	2	Incendios forestales	2.3	Actividades pecuarias	3.0
										Actividades agrícolas	2.7
										Cacería	2.7
										Turismo	1.0
										Basureros a cielo abierto	2.3
				4	2	2	Actividades de borde	2.67	Extr. Esp. maderables y no maderables	2.0	
									Basureros a cielo abierto	3.0	
									Bancos de material	3.0	
									Ganadería extensiva e intensiva	1.7	
				4	2	1	Incendios forestales	2.33	Agricultura de temporal	2.0	
									Actividades pecuarias	2.7	
									Actividades agrícolas	2.0	
									Cacería	2.0	
				4	4	4	Cambio climático	4.0	Turismo	1.0	
									Basureros a cielo abierto	2.3	
									Huracanes	3.3	
Sequías	3.0										
										Inundaciones	2.3
										Plagas	3.7

Fuente: (Simonit S. A., 2020). I= irreversibilidad, A= alcance y S= severidad de la presión.

Anexo 8. ANÁLISIS ESPACIAL PARA ESTIMAR EL ESTADO ACTUAL DEL ECOSISTEMA Y SUS SERVICIOS.

Mapa generado	Descripción, insumo y fuentes
Degradación de la función de retención de sedimentos	<p>Mide la contribución de una parcela (celda en el mapa) a la cantidad de suelo erosionado que alcanza la red hidrográfica. Depende tanto de las condiciones de cobertura vegetal y uso de suelo en la parcela, que definen la intensidad de la erosión, como de las condiciones que caracterizan la microcuenca en la cual se encuentra la parcela, que definen la capacidad de transporte de los sedimentos (Simonit S. A., 2020).</p> <p>Para generar el mapa, se estimó la distribución del índice de funcionalidad a partir del mapa de exportación de sedimentos generado con la herramienta InVEST (Simonit S. A., 2020).</p> <p>Insumos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Factor de erosividad de la lluvia: base de datos de precipitación de UNIATMOS (UNAM-Centro de Ciencias de la Atmósfera, 2012) - Factor de erodibilidad del suelo: mapa nacional de erosión potencial (Montes-León, et al., 2011) asociados a las categorías del perfil de suelos y textura del mapa de edafológico serie II, escala 1:250,000 (INEGI, 2007) - Factor de longitud de la pendiente (LS): el modelo adoptado por la herramienta InVEST utiliza la ecuación propuesta por Desmet & Govers (1996) para estimar el factor LS, responde al efecto combinado de la longitud y el ángulo de inclinación de las laderas. - Factor de cobertura: se emplea uso de suelo y vegetación de serie VI (INEGI, 2014) y la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE). - Factor de práctica de conservación: no se encontró información para medir el impacto de las practicas de manejo y conservación de suelo, Se empleó el valor 1, correspondiente a la no aplicación de ninguna práctica de conservación. <p>El nivel de degradación se definió a partir de un umbral de 2 t/ha, que corresponde a un nivel de erosión de 10 t/ha y considerando un coeficiente de exportación de sedimentos de 0.2 (asumiendo que el 20% de los sedimentos generados en la parcela se deposita en la red hidrológica y cuerpos de agua) (Simonit S. A., 2020).</p>
Degradación de la Función de Recarga Hídrica	<p>Mide el déficit de contribución de cada parcela (celda en el mapa) a la recarga hídrica que alimenta el flujo base en su cuenca. Esta función es de particular importancia en temporada de mayor sequía y considera un umbral mínimo de aporte al caudal contra el cual se mide el nivel de déficit de recarga local de los acuíferos en la celda. Se determina por el balance hidrológico que toma en cuenta precipitación, flujo de escurrimiento rápido y evapotranspiración (Simonit S. A., 2020). Se aplico el modelo de Producción Estacional de Agua (“Seasonal Water Yield”) de la herramienta de análisis espacial InVEST (Sharp, et al., 2018 en (Simonit S. A., 2020).</p> <p>Insumos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Precipitación promedio mensual: 12 capas, una por mes con valores de precipitación promedio mensual en milímetros (formato raster) de la base de datos de UNIATMOS (UNAM Centro de Ciencias de la Atmósfera, 2012) - Evapotranspiración Actual, promedio mensual: los valores mensuales del coeficiente de cultivo, se obtuvieron aplicando a cada categoría del mapa de vegetación y uso de suelo de la Serie VI (INEGI, 2014) los valores para los doce meses del año que se

	<p>obtuvieron a partir de los coeficientes reportados en la guía de la FAO para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (FAO, 2006), Los datos de precipitación y temperatura se generaron a partir de la base de datos de UNIATMOS (UNAM Centro de Ciencias de la Atmósfera, 2012).</p> <p>- Flujo rápido mensual: aplicando el método del número de curva para estimar la escorrentía mensual a partir de datos de precipitación, cobertura de vegetación y uso de suelo, y las propiedades hidrológicas del suelo. El mapa de zonas climáticas se generó a partir del mapa de climas (García, 1998) utilizando el campo de descripción de precipitación.</p>
<p>Degradación de la Función de Retención de Nutrientes</p>	<p>Se expresa a través de un índice que mide la contribución de una parcela (celda en el mapa) a la contaminación hídrica por exceso de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y generada por fuentes no puntuales, representadas en la mayoría por los fertilizantes utilizados en agricultura y la ganadería. Depende tanto de las características de manejo y uso de suelo en la parcela, como del paisaje en su entorno y la presencia de vegetación natural que retiene y filtra los contaminantes antes de que ingresen al sistema hidrográfico (Simonit S. A., 2020). El índice de funcionalidad y el relativo mapa de degradación para la función de retención de nutrientes se generaron a partir de un mapa de flujo de descarga de nutriente que se produjo aplicando el modelo de Tasa de Descarga de Nutrientes (“Nutrient Delivery Ratio”) de la herramienta de análisis espacial InVEST (Sharp, et al., 2018 en (Simonit S. A., 2020).</p> <p>Insumos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mapa de uso de suelo y vegetación (INEGI, 2014) - Carga de nutrientes: Se calcula a partir de la carga potencial, es decir valores empíricos promedio asociados a cada clase de uso de suelo, ajustados en base al potencial de escorrentía local que transporta los nutrientes (Endreny & Woods, 2007; Heathwaite, et al., 2005): - Tasa de descarga de nutrientes: carga potencial de nitrógeno, eficiencia de retención de nitrógeno, distancia crítica para retención de nitrógeno, carga potencial de fósforo, eficiencia de retención de fósforo, de artículos científicos (Bautista-Cruz A., et al., 2012; Etchevers-Barra & Vergara-Sánchez, 2006; Ruíz-Vega, 1998; Ramírez-Fuentes & TrujilloTapia, 2015), estudios (Hernández-Álvarez, 1995), y proyectos (SAGARPA-INIFAP-SENASICA, 2015); para la validación de los valores de los pastizales cultivados (ganadería) se utilizó el índice de agostadero (SAGARPA, 2014) y los factores de emisiones calculados para México (INECC-SEMARNAT, 2015).
<p>Degradación de la Función de Captura de Carbono</p>	<p>Se expresa a través de un índice que mide el déficit de contribución de una parcela (celda en el mapa) a la captura y almacenamiento de carbono en base a un umbral mínimo definido por el contexto del paisaje. Se calcula a partir de la suma de las componentes de biomasa aérea, biomasa bajo suelo y carbono en el suelo, asociadas a un tipo de vegetación o uso actual de suelo en la celda. La cartografía utilizada para estimar el índice de funcionalidad de captura de carbono se generó aplicando el modelo de Almacenamiento y Captura de Carbono (“Carbon Storage and Sequestration”) de la herramienta de análisis espacial InVEST (Sharp, et al., 2018).</p> <p>Insumos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Datos de carbono en biomasa aérea, subterránea y en el suelo, por tipo de vegetación y uso de suelo Serie VI (INEGI 2014).
<p>Degradación de la Función de Polinización</p>	<p>Mide el déficit de contribución de cada parcela (celda en el mapa) a la provisión de polinizadores para el paisaje y en particular para los cultivos. Se expresa a través de un índice de aptitud de la celda como hábitat de nidificación para los polinizadores, bajo el supuesto que las áreas más aptas para la nidificación, generalmente áreas de vegetación, proporcionan un servicio de provisión de polinizadores a las áreas contiguas,</p>

generalmente las áreas agrícolas, que no poseen estas características de hábitat, pero poseen abundantes recursos florales (árboles frutales, café, etc.). Esta función depende de características específicas de los polinizadores, como el rango de distancia máxima de vuelo y la capacidad de adaptación a diferentes ecosistemas, así como de las características de hábitat que proporciona el paisaje con sus diferentes combinaciones de cobertura vegetal y uso de suelo. Se generó a partir del mapa de provisión de polinizadores que se produjo aplicando el modelo de Polinización de Cultivos ("Crop Pollination") de la herramienta de análisis espacial InVEST (Sharp, et al., 2018). (Simonit S. A., 2020).

Insumos:

- Índice de disponibilidad de recursos florales alrededor de la celda (abundancia relativa de recursos florales en verano y en primavera) por tipo de vegetación y uso de suelo
- Índice de aptitud para nidificación en la celda (suelo y cavidades) por tipo de vegetación y uso de suelo
- Índice de abundancia relativa de cada especie
- Distancia máxima de pecoreo por especie