



THE ECONOMICS OF
LAND DEGRADATION



La Economía de la Producción de Mezcal en Oaxaca, México



El camino hacia la
producción sostenible
de agave



www.eld-initiative.org

Editado y coordinado por:

Ana R. Barragán, Waltraud Ederer and Cinthya Tello León (GIZ)

Autores colaboradores:

Sara Hernandez, Amandine Gnononfin, Martina Bialostosky y Gerardo García Contreras

Concepto visual:

MediaCompany, Bonn

Diseño:

Additiv. Visuelle Kommunikation, Berlin

Fotos:

© GIZ, excepto pagina 41: © Unsplash/Analuisa Gamboa; pagina 70: © Unsplash/Marlon Michelle Corado

Cita sugerida:

Hernandez S., Gnononfin A., Bialostosky M., García Contreras G. (2022). Economics of Land Degradation Initiative: La Economía de la Producción de Mezcal en Oaxaca, México. El camino hacia la producción sostenible de agave. GIZ: Bonn, Alemania. Disponible en: www.eld-initiative.org

La Economía de la Producción de Mezcal en Oaxaca, México

El camino hacia la producción sostenible de agave

Contenido

	Gráficas	4
	Cuadros	6
	Abreviaturas y acrónimos	7
	Agradecimientos	8
	Resumen Ejecutivo	9
Capítulo 1	Introducción	16
	1.1 Retos de la industria de agave-mezcal	16
	1.2 Contexto del estudio ELD (Economía de la Degradación de Tierras)	19
	1.3 Límites de nuestro estudio ELD	21
	1.4 Área de estudio y características geográficas	22
Capítulo 2	Metodología	28
	2.1 Análisis económico: Encuestas y trabajo de campo	28
	2.2 Análisis cartográfico: Evaluación de los servicios ecosistémicos de la tierra	30
	2.3 Evaluación económica de la degradación de tierras	33
	2.3.1 Estimación del impacto sobre la rentabilidad de la producción agave-mezcal	35
	2.3.2 Evaluación del impacto de una gestión del paisaje en los tres distritos	37
	2.3.3 Evaluación del impacto en materia de captura de carbono	39
	2.3.4 Hacia una planificación del manejo sustentable a la escala territorial	40
Capítulo 3	Caracterización de la cadena de valor Agave-Mezcal	42
	3.1 Características socioeconómicas del productor de agave-mezcal	42
	3.2 Características de la cadena de valor.	45
	3.3 Impactos ambientales en la producción de agave mezcal	49

Capítulo 4	Escenarios tendencia actual y de sustentabilidad de la industria Agave-Mezcal ...	52
	4.1 La sostenibilidad: ¿cuál es nuestro enfoque?	52
	4.2 Escenario “Business as Usual” (BAU) o costo de la inacción	54
	4.3 Escenario de sustentabilidad máximo (SUSMAX)	58
	4.3.1 Criterios de sustentabilidad dirigidos a la producción agave-mezcal	58
	4.3.2 Criterios con arreglos agroforestales y de restauración a la escala territorial	60
Capítulo 5	Análisis costo-beneficio de la producción agave-mezcal	63
	5.1 Beneficios netos a nivel de los productores de agave-mezcal	64
	5.2 Beneficios asociados a la captura de carbono	65
	5.3 Síntesis del ACB	66
Capítulo 6	6+1 Acción: Recomendaciones	70
	<i>Lista de insumos del documento técnico</i>	73
	<i>Bibliografía</i>	74

Gráficas y Figuras

Figura 1	Escenario tendencial y Simulaciones del valor de la producción	11
Figura 2	Proyección de la tendencia en la producción de piñas de agave y de litros de mezcal al 2030, en el escenario BAU.	12
Figura 3	Áreas para la transición agroecológica con vocación agroforestal o de restauración	13
Gráfica 1:	Tipo de degradación de suelo	23
Gráfica 2:	Evolución de la producción de Agave en Oaxaca	24
Gráfica 3:	Carta de la zona de estudio	24
Gráfica 4:	Cambios de uso del uso con posible impacto en superficie forestal	25
Gráfica 5:	Distribución superficie sembrada y colectada en los tres distritos de la zona de estudio (has)	25
Gráfica 6:	Evolución del valor de la producción en pesos constantes (base 2019=100) ...	26
Gráfica 7:	Evolución de precios constantes (\$MEX/t) por distrito (base 2019=100)	26
Gráfica 8:	Desarrollo consultativo y metodológico del estudio ELD en Oaxaca	28
Gráfica 9:	Tipología de productores de la encuesta en la zona de estudio	29
Gráfica 10:	Distribución de las encuestas por municipios	29
Gráfica 11:	Sitios de muestreo en los distritos de Miahuatlán, Tlacolula y Yautepec	30
Gráfica 12:	Gradientes de degradación de la función de recarga hídrica	31
Gráfica 13:	Degradación de la función retención de sedimentos	31
Gráfica 14:	Degradación de la función de retención de nutrientes	32
Gráfica 15:	Degradación de la función de polinización para cultivos	32
Gráfica 16:	Degradación captura de carbono	32
Gráfica 17:	Evolución de la erosión entre 1980-2014 en la zona de estudio	37
Gráfica 18:	Mapas de erosión entre 1974 y 2014	38
Gráfica 19:	Cambios en la captura de carbono entre 1980 - 2014	39
Gráfica 20:	Mapa uso del suelo	41
Gráfica 21:	Edad de los productores de agave	42
Gráfica 22:	Volumen producción según el tipo de productor y distrito	43

Gráfica 23:	Volumen de producción según sistema de producción: M= Monocultivo, P=Policultivo; NA=Información no disponible	43
Gráfica 24:	Repartición entre cultura de agave y otros usos agrícolas	43
Gráfica 25:	Prácticas en los sistemas de producción del agave-mezcal	44
Gráfica 26:	Actores de la cadena de valor	46
Gráfica 27:	Integración de los productores de agave-mezcal en la cadena operativa del mercado agave-mezcal	47
Gráfica 28:	Problemas de la producción de agave para mezcal	48
Gráfica 29:	Impactos ambientales percibidos por los productores de agave par mezcal ..	49
Gráfica 30:	Impacto sobre la producción de maguey según gradientes de degradación de la erosión	50
Gráfica 31:	Impacto RECARGA en la producción de maguey según gradiente de degradación	51
Gráfica 32:	Principales hipótesis de los diferentes escenarios tendenciales del agave-mezcal	54
Gráfica 33:	Evolución del valor de la producción del agave-mezcal (\$MEX constantes 2019=100)	55
Gráfica 34:	Evolución y proyección del volumen de producción por distrito	55
Gráfica 35:	Valor estimado de los ingresos no percibidos por la presencia de diferentes grados de degradación de los servicios ecosistémicos de la tierra	56
Gráfica 36:	Costos de la degradación debido a la pérdida de servicios ecosistémicos en Tlacolula	57
Gráfica 37:	Costos de la degradación debido a la pérdida de servicios ecosistémicos en Yautepec	57
Gráfica 38:	Precio Premium versus Precio bajo escenario Business as Usual (contantes Base =2019)	59
Gráfica 39:	Áreas para la transición agroecológica del sistema producto agave-mezcal en un escenario de sustentabilidad (INEGI 2014)	61
Gráfica 40:	Escenario Business as Usual	64
Gráfica 41:	Escenario con criterios de sustentabilidad	65
Gráfica 42:	Proyecciones de la captura de carbono en los tres distritos de estudio	66
Gráfica 43:	Escenario con criterio de sustentabilidad para la captura de carbono	67

Cuadros

Cuadro 1:	Uso del suelo en Oaxaca	23
Cuadro 2:	Servicios ecosistémicos del agave-mezcal y método de evaluación económica	33
Cuadro 3:	Síntesis de los impactos promedios (%) sobre la producción de agave por los factores combinados de degradación de tierras (únicamente los resultados con efectos sobre la producción)	35
Cuadro 4:	Síntesis impactos promedios (%) sobre la producción según distrito, fertilidad y sistema de producción	36
Cuadro 5:	Superficie en hectáreas según gradiente de erosión	38
Cuadro 6:	Toneladas de carbono capturadas	40
Cuadro 7:	Especies de agave reportadas	44
Cuadro 8:	Línea de base representando el número de ha por distritos de los gradientes de degradación para el conjunto de todos los servicios ecosistémicos	53
Cuadro 9:	Acciones de sustentabilidad	62
Cuadro 10:	Comparación entre un escenario BAU y un escenario con criterios de sustentabilidad (IPP Base 2019=100; 1USD=\$20.8780 pesos mexicanos)	65
Cuadro 11:	Síntesis del análisis Costo-Beneficio	69

Abreviaturas y acrónimos

ACB	Análisis costo-beneficio
BAU	Business as Usual
BMZ	Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo
COPLADE	Comité Estatal de Planeación para el Desarrollo de Oaxaca
COESFO	Comisión Estatal Forestal
COMERCAM	Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal
UNCCD	Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación
GIZ	Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable
DOM	Denominación de Origen Mezcal
ELD	Iniciativa de la Economía de la Degradación de la Tierra (Economics of Land Degradation Initiative)
IKI-IBA	GIZ Proyecto “Integración de la Biodiversidad en la Agricultura en México”
MIRPP	Mesa Interinstitucional para la Restauración Productiva del Paisaje
PNB	Producto Nacional Bruto
PS	Productor de subsistencia
PEB	Productor con escala productiva baja
PEM	Productor con escala productiva media
PEA	Productor con escala productiva alta
SEDAPA	Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Pesca y Acuicultura
SE	Secretaría de Economía
SEMAEDES	Secretaría de Medio Ambiente, Energía y Desarrollo Sustentable
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEPIA	Secretaría de Pueblos Indígenas y Afromexicanos
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SUSMAX	Sustentabilidad Máxima
UE	Unión Europea

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo a lo largo de la realización de este trabajo a Helena Iturribarria, Secretaria de Medio Ambiente, Energías y Desarrollo Sustentable del Estado de Oaxaca, y a los miembros de la Mesa Interinstitucional para la Restauración Productiva del Paisaje (MIRPP) quienes compartieron sus visiones y expectativas para la sustentabilidad de la industria del agave-mezcal: Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Pesca y Acuicultura – SEDAPA, Secretaría de Medio Ambiente, Energía y Desarrollo Sustentable – SEMAEDESO, Comisión Estatal Forestal – COESFO, Comité Estatal de Planeación para el Desarrollo de Oaxaca – COPLADE, Secretaría de Pueblos Indígenas y Afromexicanos – SEPIA, Secretaría de Economía – SE.

Un reconocimiento especial a los expertos quienes, además de aportar su conocimiento de la cadena de valor del agave-mezcal, brindaron de su tiempo y energía para compartir sus experiencias y expectativas respecto a los resultados generados por el proyecto: MC. Armando Isidro Aquino - Casa Ancestral, Dra. Claudia López Sánchez - Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca, Dr. Efraín Velazco Bautista - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Dr. Felipe de Jesús Palma Cruz - Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca, MC. Godofredo Brena García - Geografía Física A. C., C. Luis Orlando Escribano Delfín - Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), Dr. Marcos Pedro Ramírez López - Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca, Biol. María del Rocío Solís Fajardo - Códice A. C., Dra. Marisela Cristina Zamora Martínez - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, MC. Mtro. Raymundo Lucero Vásquez, C. Norma Iris, Biol. Pilar Pérez - Ambientare A. C., Dr. Santos Martínez Tenorio - Universidad Autónoma de Chapingo.

Se agradece igualmente a todos los productores de agave-mezcal quienes generosamente participaron en la encuesta y en los conversatorios; sin ellos, todo este trabajo no hubiese sido posible.

Un agradecimiento especial al equipo nacional quienes realizaron el trabajo de campo. Su compromiso con el estudio y adaptación fueron muy valiosos en el éxito de este trabajo: Carlos Rafael Hernández Vital, Ángel Josué Aguilar Cervantes, Paola Magdalena Collí Cortés, Beatriz Blancas Espejel, Javier Vicente Aguilar Lara. Una extensión de nuestra gratitud al equipo de la GIZ, Ana Barragán Rocha, Jasmin Hundorf, Richard Thomas y Waltraud Ederer.

El contenido y las posiciones expresadas son las de los autores y no reflejan necesariamente las perspectivas de los que aportaron información, ni de las organizaciones e instituciones a las que están afiliados.

Resumen Ejecutivo

Introducción

El mezcal, bebida alcohólica tradicional de México, ha tenido un desarrollo significativo en el mercado nacional e internacional. Entre 2005 y 2010, las exportaciones de mezcal incrementaron en un 140%¹, y entre 2013 y 2016, el incremento acumulado fue estimado en un 266%². El impulso y posicionamiento del mezcal dentro del segmento de bebidas espirituosas (“*craft spirits*”) ha sido el resultado de una estrategia orientada a la valoración de productos a través de la Denominación de Origen Mezcal (DOM), la cual comprende ocho estados de la República Mexicana. 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 del mismo estado³. La riqueza cultural de Oaxaca converge con la riqueza de especies de agaves que se encuentran en su territorio para crear una cadena de valor muy compleja; las actividades que realizan los productores de agave son diversas y pueden variar según el origen étnico de la comunidad o las condiciones físico-geográficas, habiendo aprovechamiento de especies silvestres o cultivadas, y sistemas de producción de mezcal que van desde el ancestral con molienda manual y cocción en ollas de barro, hasta el totalmente industrializado.

El reciente auge en el consumo de mezcal a nivel mundial ha generado un aumento en el cultivo de agaves cambiando el paisaje de Oaxaca. Principalmente en los distritos de mayor producción de esta planta, este paisaje se ha convertido en una amplia superficie de monocultivos con un impacto en la biodiversidad que será difícil de revertir en el corto plazo sin la restauración funcional del

mismo. Oaxaca presenta altas tasas de deforestación, erosión, pérdida de fertilidad de suelos y falta de sistemas de riego adecuados⁴. Durante los últimos 5 años, la región mezcalera de los Distritos de **Tlacolula, Yautepec y Miahuatlán** ha incrementado la superficie de tierra para el cultivo de agave, trayendo la pérdida de cobertura forestal y cambios en el uso del suelo, visibles en la región. Esta problemática es considerada de alta prioridad para el gobierno del estado, por lo que el estudio se centra en estos tres distritos.

Mediante este estudio, siguiendo la metodología desarrollada por la Iniciativa “*The Economics of Land Degradation*” (ELD)⁵, se realizó una **valoración económica de los servicios ecosistémicos relacionados con la producción de agave para mezcal**, evaluándose el potencial económico de una estrategia de sustentabilidad para esta producción, a fin de que los tomadores de decisión generen las condiciones para traducir este potencial económico en riqueza real para el bien de los productores y actores de la cadena de valor, la seguridad alimentaria y la mitigación de los efectos del cambio climático. Se trabajó de manera conjunta entre la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ) y la Iniciativa ELD, en coordinación con el Gobierno del Estado de Oaxaca, en específico con la Secretaría de Medio Ambiente, Energías y Desarrollo Sustentable (SEMAEDES), la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Pesca y Acuicultura (SEDAPA) y el resto de los miembros de la Mesa Interinstitucional para la Restauración Productiva del Paisaje (MIRPP). Asimismo, se contó 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 aportaron y validaron la información y las recomendaciones presentadas, retroalimentando el proceso metodológico.

¹ Plan Rector Sistema Nacional Maguey Mezcal - 2011

² Planeación Agrícola Nacional 2017-2030.

³ López Cruz, J. Y., Martínez Gutiérrez, G. A., & Caballero García, A. (2016). *Diagnóstico de la situación del*

agave-mezcal y opciones de desarrollo local en comunidades indígenas de Oaxaca. 21° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México

⁴ *Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Oaxaca (ECUSBEO)*

⁵ <https://www.eld-initiative.org/>

Enfoque Metodológico del Estudio

Para el estudio se compiló la información existente en publicaciones o literatura gris, para realizar una descripción de las condiciones de la cadena de valor y los factores que inciden en ella; esta información se puede encontrar en el Estudio de Contexto (*Scoping Study*) y en el informe en extenso del estudio. Asimismo, se recabó información de campo, aplicándose 423 encuestas a productores y palenqueros en los distritos de Miahuatlán, Tlacolula y Yauteppec.

Se identificaron los servicios ecosistémicos relacionados con la cadena de valor agave-mezcal, cuáles son sus principales amenazas y el estado actual de los servicios que proporcionan los ecosistemas para la producción de agave y mezcal. Se procedió a la elaboración de los escenarios con los que se estimaron los impactos que se generarían, de continuar las acciones productivas según la tendencia actual, y cuáles serían los efectos de implementar acciones de sostenibilidad o mejores prácticas productivas. Estos escenarios son:

- **Escenario "business as usual"** (tendencial o costo de la inacción - BAU): que evalúa la degradación de los servicios ecosistémicos si las actividades productivas se siguen desarrollando de la misma manera, y sus efectos sobre la economía de la región de estudio. Se realizó una proyección a 20 años, a partir de datos obtenidos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) del gobierno federal.
- **Escenario de sostenibilidad máxima (SUSMAX)**: 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 e intensificación productivas con buenas prácticas agrícolas, restauración ecológica y conservación). Se considera un escenario óptimo donde el costo por degradación de los servicios ecosistémicos es cercano a cero.

Los criterios de sustentabilidad que se consideraron en este estudio fueron:

- Proporción de 20% de plantas de agave que no se colectan y que se dejan llegar a maduración.
- 0% de agroquímicos.

- diversificación de cultivos (sistemas en policultivo con productos de la milpa o forestales).
- trabajo de protección de suelos.
- colecta al cabo de 7 años de maduración.
- Gestión sustentable del territorio considerando la vocación de la tierra.

Con estos escenarios se realizó un análisis de costo-beneficio y se plantearon recomendaciones.

Es importante destacar que entre el escenario BAU y el escenario SUSMAX puede existir una amplia gama de estrategias de manejo, considerando diversas prácticas sustentables. Este estudio evaluó los extremos de esta gama, sin embargo, la decisión de implementar solo algunos de los criterios de sustentabilidad considerados, puede tener un impacto positivo en la condición de los servicios ecosistémicos.

Problemática detectada en el Sector del agave-mezcal

A partir de la revisión documental y los resultados de las encuestas en campo, se identificaron los siguientes problemas que impactan de manera negativa al sistema producto agave-mezcal:

- La **falta de planeación del cultivo de agave** ha llevado en el pasado a periodos de escasez de la materia prima para la producción de mezcal, en un contexto de incremento de la demanda. La mala planeación agrícola en la siembra y cosecha de agave puede causar rupturas en la cadena de suministro del agave para el mezcal.
- Los **bajos rendimientos en la industria de agave-mezcal** por falta de inversión en el manejo del sistema producto, que a su vez penalizan tanto al productor de agaves por una baja remuneración de la materia prima, como al palenquero, quien no logra adaptar la producción para mantener o aumentar sus márgenes de beneficios.
- **Falta de organización de la industria a lo largo de la cadena de valor.** Se observa tanto un fenómeno de atomización de las funciones operativas y de soporte de la cadena de valor, como una integración parcial en los eslabones de esta, donde los productores de maguey se posicionan en diferentes funciones de la cadena de valor según las oportunidades que se presentan y sus necesidades económicas.

- **Falta de información y conocimiento técnico** sobre los procesos de producción. En particular sobre el manejo productivo del agave, la planificación del cultivo, innovaciones agronómicas y las condiciones de mercado (volúmenes y precios).
- **El desconocimiento de la normatividad.** El interés de los pequeños productores de agave y mezcal de certificarse es poco o nulo, principalmente por los altos costos que implica obtener una certificación, además de 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 podrían competir fácilmente en el mercado contra los grandes productores, no incrementaría su ganancia considerablemente, y la inversión no sería recuperada con facilidad.
- A largo plazo, el **no uso de las prácticas agrícolas tradicionales de conservación del suelo** provoca procesos como desertificación y erosión de los suelos, reduciendo la productividad en la zona.
- **Pérdida del patrimonio genético del agave silvestre** por sobreexplotación y fragmentación de los ecosistemas naturales boscosos, así como por falta de estrategias de preservación o reproducción de las numerosas especies de agave.
- **Pérdida de biodiversidad** y de los ecosistemas forestales incidiendo en las posibilidades de reproducción del agave.
- La vulnerabilidad de los cultivos a las **plagas y sequías.**
- La **producción de residuos y desechos** que contribuyen a la degradación de los recursos hídricos por lixiviación o por escorrentía.
- Vulnerabilidad en condiciones de **fuerte erosión de suelos.**

Impactos ambientales del Sector

Desde el punto de vista de la sustentabilidad del sector del agave-mezcal, son **los factores ambientales los que representan los riesgos mayores.** El desarrollo económico observado en fechas recientes se ha hecho a expensas de la conservación del medio ambiente. Los impactos identificados durante el estudio son:

- El **monocultivo** se vuelve la referencia para mantener la rentabilidad de la actividad, a pesar del riesgo de agudizar el problema de deforestación y de pérdida de la seguridad alimentaria de los hogares agrícolas.

Resultados del análisis

Para el escenario BAU, los datos obtenidos del SIAP muestran que entre 2003 y 2019 se tuvo una tendencia general a la pérdida del valor de la producción agave-mezcal, que se traduce en una pérdida de rentabilidad, asociada a su vez a una disminución de la producción (Fig. 1A). **El costo de la degradación de los servicios ecosistémicos entre 2003-2019 fue estimado en \$19 millones de USD en promedio sobre los tres distritos.** Esto corresponde al valor que los distritos del área de estudio han dejado de percibir debido a la degradación de tierras durante este periodo (Fig. 1B).

FIGURA 1

A) Escenario tendencial de producción de agave proyectado a 2030, con base en datos 2003-2019 del SIAP. B) Simulaciones del valor de la producción usando Yautepec como ejemplo, según tres escenarios de degradación: bajo (3.49%), mediano (8.8%) y alto (12.8%). Los detalles se encuentran en el informe final (ELD, 2022).

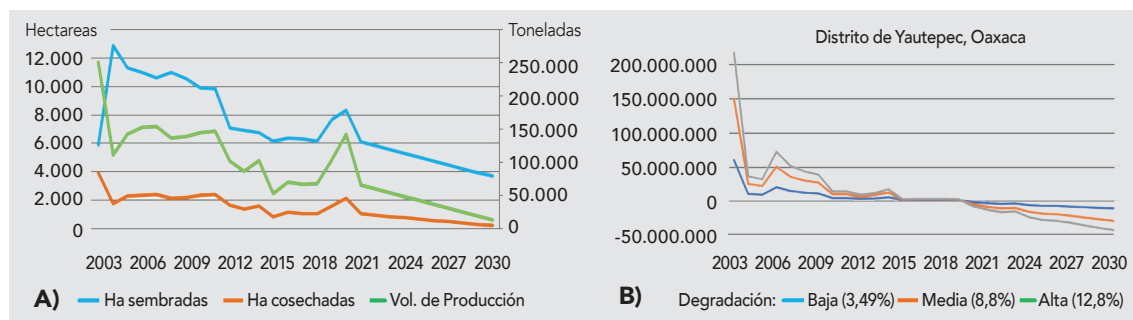
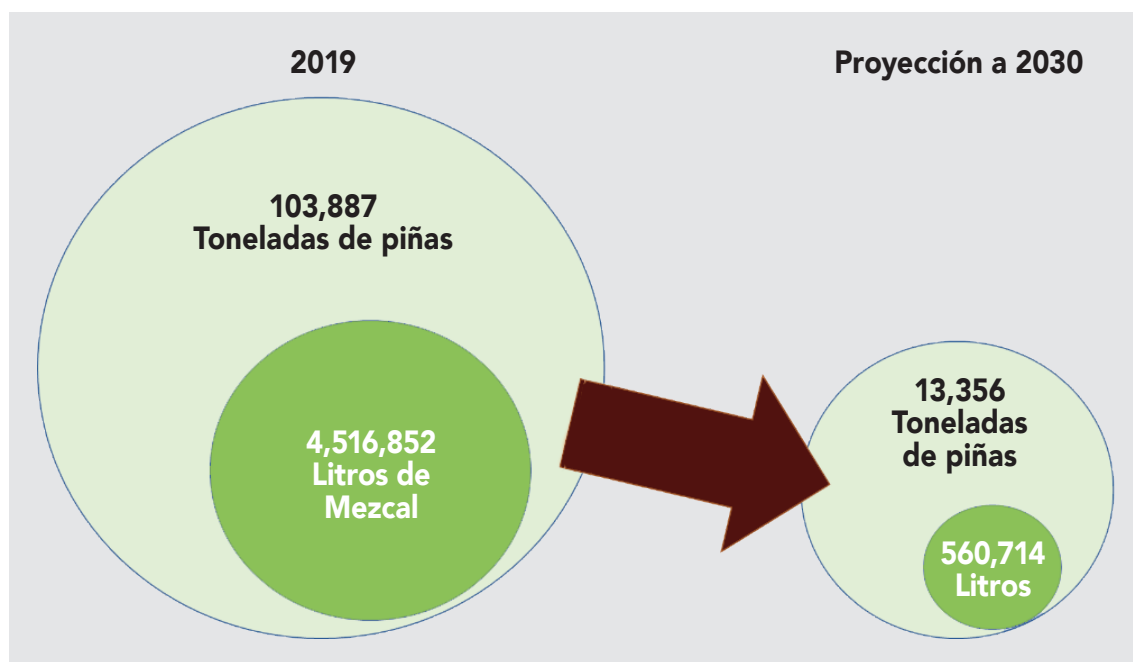


FIGURA 2

Proyección de la tendencia en la producción de piñas de agave y de litros de mezcal al 2030, en el escenario BAU.



Yautepec presenta mayor vulnerabilidad ya que representa el 44% de esta pérdida contra 29% y 27% para Tlacolula y Miahuatlán respectivamente. Asimismo, el análisis mostró que las pérdidas acumuladas desde 2019 y proyectadas a 2030 pueden llegar hasta \$163 millones de dólares (USD), con un promedio anual de \$14 millones de USD. Esto representa el *costo de la inacción* si las prácticas de producción siguen la tendencia actual.

Nuestros resultados sugieren una posible caída de 124% en la producción de piñas y de 114% en la producción de mezcal al 2030, si se mantiene el escenario actual (Fig. 2). Yautepec es el distrito que presenta los más altos costos de la inacción comparativamente a los dos otros distritos.

El escenario SUSMAX presenta beneficios netos donde las ganancias acumuladas proyectadas en el mismo periodo (2019-2030) pueden llegar a \$85 millones de USD y unos ingresos netos anuales de \$7 millones de USD. Este escenario de sustentabilidad ofrece una visión del potencial económico del agave, cuyo desarrollo se basa en la capacidad de regenerar el capital natural – representado en los servicios ecosistémicos de la tierra – y la capacidad de mejorar notoriamente las condiciones

socioeconómicas de los productores artesanales y tradicionales del agave-mezcal.

El análisis de la *relación beneficio/costo* (B/C) indica que, en el escenario BAU, por cada \$1 USD invertido, se perderían en el periodo proyectado \$10 USD, mientras que en el escenario SUSMAX, la inversión de cada \$1 USD genera un beneficio de \$3.12 USD.

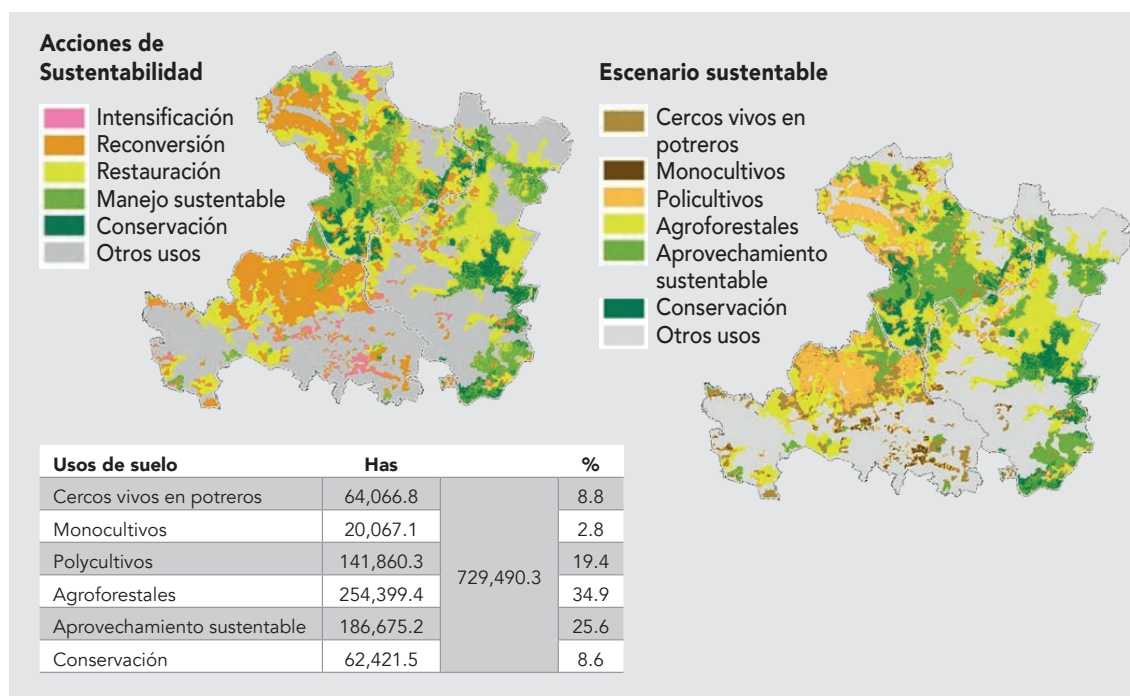
Análisis de Manejo Territorial

El estudio determinó las áreas con mayor grado de degradación de la tierra y las áreas con fuerte potencial para reducir la deforestación y mantener los ecosistemas naturales (Fig. 3). En estas áreas se propone fomentar tanto modelos agroforestales con especies domésticas o silvestres para una restauración productiva y ecológica, como las acciones de restauración con vegetación secundaria a través de planes de manejo con agave, y otros manejos de recursos forestales.

- En zonas pecuarias (64,189.3 ha), se identificó el potencial de una reconversión productiva, aplicando cercos vivos de agave, que permiten recuperar la erosión del suelo.

FIGURA 3

Áreas para la transición agroecológica con vocación agroforestal o de restauración.



- En las zonas agrícolas (162,271.4 ha) se identifican 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 estos sitios se puedan recuperar, disminuyendo la erosión. 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 identificó el potencial de 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.

Recomendaciones

Los resultados del estudio muestran las ventajas de transitar hacia un escenario de sustentabilidad para el sistema producto agave-mezcal, con el fin de garantizar una relación B/C positiva, manteniendo los servicios ecosistémicos de los que depende la producción. Dentro del marco de este estudio se propone una fase de transición, caracterizada por un *programa de producción sostenible de agave para mezcal* dirigido a los productores de agave tradicional o de pequeña escala -que poseen hasta 6 hectáreas - lo cual tendría como efecto, mantener la actividad productiva en el campo viable económicamente y responsable ambientalmente.

Programa de producción sostenible de agave para mezcal dirigido a los productores de agave tradicional o de pequeña escala

El objetivo principal de este programa sería el mejoramiento de las condiciones ambientales

de las parcelas de producción que a su vez tienen un efecto positivo en la producción de agave-mezcal y en el bienestar de los productores agrícolas. El programa tendría los siguientes componentes:

1) **Certificación.** Las condiciones ambientales solo pueden ser mejoradas con la inclusión de innovaciones agroecológicas en los sistemas de producción agave-mezcal, de tal manera que la parcela y la producción estarían certificadas ante el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM). Otro posible mecanismo de certificación sería el “biosello” o *Marca Amigable con la Biodiversidad*, promovido por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural junto con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La certificación cualificaría la producción de agave según ciertos criterios de sustentabilidad, que ayudarían a lograr mejores condiciones para la obtención de una materia prima de calidad, así como un mejor reconocimiento por parte del mercado de la cualidad ambiental de la producción de agave-mezcal.

Como consecuencia, se puede esperar una incidencia positiva sobre la calidad del mezcal y un mejor posicionamiento en el mercado nacional e internacional.

2) **Paquete de incentivos compensatorios por los costos asociados a la transformación de los sistemas de producción de agave en producción agroecológica.** El paquete de incentivos incluye el pago de un precio *Premium* y un *mecanismo de compensación por los costos de transición agroecológica*. El precio *Premium* permitiría pasar progresivamente de una situación no-sustentable a una situación sustentable, y tendría que ser pagado por los eslabones superiores de la cadena de valor (palenqueros y productores de mezcal, envasadores, y comercializadores) ya que, en última instancia, este incremento del precio del mezcal sería pagado por el consumidor final del mercado nacional e internacional. Mediante un modelo de simulación de la mejor evolución de precios al 2030, aplicado a la estimación del incremento del volumen de producción gracias a las buenas prácticas agrícolas, se

T A B L A 1

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

*Condición del Suelo - MA: Muy alta erosión, A: Alta erosión, M: Moderada erosión, B: Baja erosión, MB: Muy baja erosión

USOS DE SUELO	OPCIONES DE ACCIONES DE GESTIÓN SOSTENIBLE		
Zonas Pecuarias	Cercos Vivos (Cualquier condición de suelo)		
Zonas agrícolas de Temporal	Monocultivos (MA, A)	Policultivos/ Sist. Agroforestales (M, B, MB)	
Vegetación secundaria arbustiva	Sist. Agroforestales (Cualquier condición de suelo)		
Vegetación secundaria arbórea	Aprovechamiento Sustentable (M, A, MA)	Aprovechamiento Sustentable (B, MB)	
Vegetación Natural	Aprovechamiento Sustentable (A, MA)	Aprovechamiento Sustentable (M)	Conservación (B, MB)
INTENSIFICACIÓN Y RECONVERSIÓN PRODUCTIVA	RESTAURACIÓN PRODUCTIVA ECOLÓGICA	RESTAURACIÓN DEL BOSQUE	
MANEJO DEL BOSQUE	CONSERVACIÓN		

estima que el potencial económico máximo de un precio Premium en un ciclo de transición de 8 años sería de \$15,800,164 USD, valor que considera todas las externalidades estimadas en este estudio.

El mecanismo de compensación por los costos de transición agroecológica permitiría reducir los costos de producción durante el periodo de transformación de los sistemas de producción de agave-mezcal de los productores tradicionales y de pequeña escala. Por tal motivo, se generó un costo de base, estimado a \$29 Pesos Mexicanos (MXN) por piña, a partir del cual se compensaría el costo por encima de este umbral hasta \$49 MXN por piña. Por encima de \$49 MXN por piña se considera que la producción no tiene vocación a ser rentable. Este mecanismo de compensación – que puede asimilarse a un subsidio - fue estimado en \$3,626,865 USD entre 2022 y 2030 (un ciclo de 7-8 años).

Los dos incentivos son necesarios y se complementan mutuamente en dos momentos diferentes del periodo de transición. El precio Premium interviene únicamente en el momento de la venta de piñas y es dependiente del mercado, mientras que el costo compensatorio interviene en los primeros años de cultivo, donde se requiere la mayor inversión. La relación B/C es de 6.15, es decir que por cada \$1 USD invertido se esperarían \$6.15 USD de beneficios.

- 3) **Propuesta de 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 (Tabla 1). 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 coberturas 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.
- 4) **Estrategia de fortalecimiento de capacidades en el estado para la implementación del programa de producción sostenible.** Es necesario fortalecer las capacidades a lo largo de toda la cadena de valor para implementar las recomendaciones señaladas arriba, así como el establecimiento de un mecanismo de seguimiento a los avances del programa. Esta estrategia debería contar con los siguientes elementos:
- a. **Acciones para fortalecer la capacitación técnica y agronómica de los productores de agave-mezcal con criterios de sustentabilidad.** La asistencia técnica es una de las prioridades y una expectativa de los productores de agave-mezcal que participaron en el estudio. Esto requiere una orientación de la capacitación a formadores en agroecología con el fin de acompañar a los productores artesanales y tradicionales en la transición agroecológica y en la obtención de la certificación que acompaña esta propuesta de política general de producción sustentable del agave-mezcal.
 - b. **Establecimiento de un sistema de información y de indicadores para el seguimiento del sistema producto de agave-mezcal.** Se propone consolidar un sistema de información con indicadores y herramientas de monitoreo, que permita la evaluación periódica de los programas y acciones destinadas a la cadena de valor y a los ecosistemas que la conforman.
 - c. **Fortalecimiento de la comunicación y capacitación asociada a la normatividad.** Se propone capacitar los productores sobre la normatividad vigente vía un programa de formación de formadores donde participarían las asociaciones de la sociedad civil, instituciones académicas y gubernamentales.

Introducción

1.1. Retos de la industria de agave-mezcal

Al igual que el tequila, el mezcal incursiona el mercado internacional como una de las bebidas alcohólicas tradicionales de México. Entre los años 2005 y 2010 las exportaciones de mezcal incrementaron en un 140%⁶ y entre el 2013 y 2016, el incremento acumulado fue estimado en un 266%⁷.

El impulso y posicionamiento del mezcal dentro del segmento de bebidas “craft spirits⁸” ha sido el resultado de una estrategia orientada a la valoración de productos a través de la Denominación de Origen Mezcal (DOM). La Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994 - Bebidas Alcohólicas-Mezcal Especificaciones- garantiza la calidad del mezcal y define las condiciones para el otorgamiento de la certificación de denominación de origen, permitiendo mayor reconocimiento y diferenciación del mezcal en los mercados nacionales e internacionales.

La **Denominación de Origen Protegida** fue finalmente solicitada en 1994 por la Cámara Nacional de la Industria del Mezcal, siendo otorgada a los productores mexicanos al año siguiente para la producción y el embotellamiento (reconocida por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, a través del Arreglo de Lisboa). Esta designación de “Mezcal de Oaxaca” ha fomentado la redefinición de la cadena de valor hacia una lógica de integración y ha valorizado el mezcal en nichos específicos.

La fabricación del mezcal está basada en la producción de piñas de magueyes o agaves. El Agave es una planta perteneciente a la familia de las Agavá-

ceas. México es el centro de origen del género Agave y el estado de Oaxaca concentra la mayor diversidad de agaves a nivel nacional.⁹ Según las fuentes de información consultadas, Oaxaca tiene entre 8-10 especies de agave mezcaleros (UNAM, 2018) y alberga entre 16-18 especies de agave endémicas. Oaxaca es parte de los estados con la Denominación de Origen Mezcal (DOM). Los estados que integran la Región del Mezcal son: Tlacolula, Yautepec, Miahuatlán, Sola de Vega, Ocotlán, Ejutla y Zimatlán, con un total de 131 municipios distribuidos en 7 distritos, sumando un total de 1'823,539.9 hectáreas. Los distritos que destacan en el estado de Oaxaca por presentar una mayor producción de agave durante el 2019 son Miahuatlán, Ejutla, Tlacolula y Yautepec.

Las regiones de producción de agave mezcalero se delimitan de manera natural a partir de las características fisiográficas de cada región, siendo el clima, la topografía y el suelo las variables determinantes en la distribución de los diferentes agaves. El agave mezcalero se distribuye geográficamente en áreas con climas templado subhúmedo y semicálido con lluvias en verano y le favorecen los suelos litosoles, regosoles y feozems. Los tipos de vegetación más representativos con estas características son los bosques templados de pino-encino y selva baja caducifolia y matorral xerófilo, vegetación que se ve constantemente amenazada por la expansión en el cultivo de los agaves mezcaleros.

Como se mencionó previamente, Miahuatlán (44.5%), Ejutla (21.6%), y Tlacolula (20.4%) produjeron el 87 % (129, 945 ton) durante el 2019. Yautepec es el distrito con menor aporte a lo largo de todo el año con solo el 4.2% (6,280 ton) de la producción, presentando una disminución considerable en comparación con años anteriores, ya que en el año 2003 aportó el 60% (178,230 ton) (SIAP-SAGARPA, 2003-2019).

⁶ Plan Rector Sistema Nacional Maguey Mezcal - 2011

⁷ Planeación Agrícola Nacional 2017-2030.

⁸ El posicionamiento del mezcal en el mercado abarca la imagen de bebidas tradicionales, orgánicas, artesanales, alineados con comercio justo y la sustentabilidad.

⁹ García Mendoza (UNAM, 2018) menciona la presencia de 38 especies en Oaxaca

Los tres distritos de estudio produjeron un volumen de 103,887.6 toneladas (el 69.53% de la producción total) en el 2019. De estos distritos el municipio de Miahuatlán se destaca por haber producido el 26.7 %, seguido por San Luis Amatlán con una producción del 12.12 %, Sitio de Xitlapehua con 8.6% y Santa Ana con 5.4% (todos ellos pertenecientes al distrito de Miahuatlán). El 47 % restante (48,898.3 toneladas) los produjeron los otros 49 municipios de los distritos de estudio (SIAP-SAGARPA, 2003-2019).

Igualmente, Oaxaca se destaca dentro de los estados con DOM por su participación tanto en las exportaciones de mezcal (80% del volumen de litros comercializados al exterior con destino a más de 65 países¹⁰), así como por la producción de agave para mezcal, cuya superficie sembrada representa el 80%.

- Al margen del periodo sujeto a las condiciones sanitarias de la pandemia COVID, la industria del agave-mezcal y tequila representan una fuente significativa de riqueza económica para el país aportando el 1,25% del PIB agrícola (2016) y 3% de la producción agroindustrial¹¹. En particular, la producción de agave-mezcal contribuye a la generación de empleo y es una importante fuente de ingresos para los hogares agrícolas.

El reciente auge en el consumo de mezcal a nivel mundial ha generado no solo un aumento en el cultivo de agaves, sino también un cambio en el paisaje de Oaxaca, principalmente en los distritos de mayor producción de agave. Esta transformación en una amplia superficie de monocultivos ha producido un impacto en la biodiversidad que será difícil de revertir en el corto plazo sin la restauración funcional de los paisajes. Este es un tema que ha sido considerado de alta prioridad por el gobierno del estado de Oaxaca.

Oaxaca presenta altas tasas de deforestación, erosión, pérdida de fertilidad de suelos y falta de sistemas de riego adecuados (Ellis et al, 2016; SEMARNAT, 2012; CONABIO y SEMAEDSO, 2018). Durante los últimos 5 años, la región mezcal de los Distritos de Tlacolula, Yautepec y Miahuatlán han incrementado la superficie de tierra para el cultivo de agave, provocando la pérdida de cobertura forestal y cambios en el uso del suelo, aspectos ampliamente visibles en la región.

Los planes estratégicos sucesivos del Estado relativos a la industria del Agave-Mezcal, así como los estudios de investigación de la cadena de valor, muestran una complejidad en los modos de producción y modos de organización de los actores de la industria. Inclusive, los datos oficiales reconocen un inventario incompleto del número de productores de agave y de mezcal, de las superficies sembradas y colectadas, de los volúmenes producidos, así como de las reglas de encadenamiento de los actores a lo largo de la cadena de valor, las mismas que van desde la producción hasta la comercialización y posterior envase del mezcal para su exportación. A pesar de la importancia de esta industria en la economía regional y nacional, es una industria donde se destacan patrones informales de producción y de comercialización que, al no ser certificada oficialmente, salen del sistema de información, conduciendo a una subvaluación de la producción de agave-mezcal.

Sin embargo, el diagnóstico general de los frenos de la industria Agave-Mezcal es de común conocimiento de todos los actores de la cadena de valor, incluyendo a aquellos que forman parte de la administración pública. Los resumimos aquí:

La falta de planeación del cultivo de Agave ha llevado en el pasado a periodos de escasez de la materia prima para la producción de mezcal, en un contexto de incremento de la demanda. La crisis del tequila en el 2000 fue bastante ilustrativa, muchos productores de mezcal tuvieron que cerrar y algunas envasadoras suspendieron sus actividades en Oaxaca (Katt Salvador 2003). La falta de coordinación entre la planeación agrícola de siembra y la cosecha de agave puede conllevar a rupturas en la cadena de suministro del agave para el mezcal; situación que puede verse exacerbada al ser un cultivo de baja sustitución en el corto plazo. A su vez, el productor de mezcal se ve afectado en el suministro de la materia prima debido a su baja calidad (cosecha de mala calidad o de madurez fisiológica insuficiente), induciendo rupturas en los procesos productivos y dificultad en abastecer y mantener la oferta de mezcal más allá de los mercados locales.

Los bajos rendimientos en la industria de agave-mezcal responden en muchas ocasiones a la falta de inversión en el manejo del sistema

¹⁰ Secretaría de economía Oaxaca (2017).

¹¹ Planeación Agrícola Nacional 2017-2030.

productivo agave-mezcal, que, a su vez, penalizan tanto al productor de agaves por los bajos niveles de remuneración de la materia prima como al palenquero¹², quien no logra adaptar la escala de producción para mantener o aumentar sus márgenes de beneficios. La lógica de intervención de intermediarios en la cadena obliga a los productores de agave a aceptar niveles de precios (price-takers) por debajo del costo de producción. Los bajos rendimientos que caracterizan igualmente los productores de mezcal conducen a la baja inversión en la infraestructura de producción y equipos, a altos costos de producción que se explica por la escala “micro” de su modelo de negocios y a una fragmentación de las funciones de comercialización y envasado para la incursión en los mercados nacional e internacional. El nivel de tecnificación suele caracterizar los sistemas de producción de los palenqueros (Santos Martínez 2017).

Falta de organización de la industria a lo largo de la cadena de valor. Se observa de manera simultánea un fenómeno de atomización de las funciones operativas y de soporte de la cadena de valor, así como una integración parcial en sus eslabones. Los productores de maguey se posicionan en diferentes funciones de la cadena de valor según las oportunidades y/o necesidades económicas existentes (oferta jornales, renta de las parcelas de producción, transportista, etc.). Por su parte, los productores de mezcal se posicionan según su capacidad de inversión para el control de sus operaciones y para responder a los requerimientos normativos y reglamentarios que le permiten acceder a mercados externos. La falta de inversión por parte del palenquero le permite enfocarse solo en mercados locales para la venta del mezcal, vendiendo mayoritariamente al granel a intermediarios, y dejando por fuera oportunidades económicas si lograra manejar unos volúmenes estables de mezcal sustentados en el tiempo.

Falta de información y conocimiento técnico sobre los procesos de producción. En particular sobre el manejo productivo del agave, la planificación del cultivo, innovaciones agronómicas y las condiciones de mercado (volúmenes y precios). Para el productor de mezcal, el tema se centra en las innovaciones tecnológicas, las mejoras de los procesos técnicos de producción, y en las condiciones de mercado.

Por último, el **desconocimiento de la normatividad**. El interés de los pequeños productores de agave y mezcal de certificarse es poco o nulo, principalmente por los altos costos que implica obtener dicha certificación, además de carecer 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 incrementarían su ganancia considerablemente, y la inversión no sería recuperada con facilidad. Esto conlleva a que la mayoría de estos pequeños productores 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.

Desde el punto de vista de la sustentabilidad de la industria del Agave-Mezcal, los **factores ambientales representan los mayores riesgos para la industria**. El desarrollo económico observado en la industria se ha hecho a expensas de la conservación del medio ambiente. Es así como se ha visto una evolución de la producción agave-mezcal, desde prácticas de la agricultura tradicional basada en el cuidado del suelo, hacia prácticas tales como la rotación y asociación de cultivos, la introducción de periodos de descanso de los suelos, y el control manual de malezas y plagas (Bautista y Smith, 2012). Además, se ha incrementado el uso de agroquímicos (fertilizantes, herbicidas e insecticidas) agravando los problemas de contaminación hídrica y aérea. Esto sin contar con el riesgo que la contribución del maguey no cumpla más con la función de retención de las partículas, nutrientes y humedad del suelo (Bautista et al. 2017).

El monocultivo se vuelve la referencia para mantener la rentabilidad de la actividad, a pesar del riesgo de agudizar el problema de deforestación y de pérdida de la seguridad alimentaria en los hogares agrícolas. Oaxaca ocupa el tercer lugar a nivel nacional en deforestación con más de 30 mil hectáreas de pérdida de cobertura forestal por año desde 2017, según Global Forest Watch (López-Portillo 2019). Además, es el segundo

¹² Palenquero, otra palabra para mezcalero, deriva de “palenque”, el nombre de una destilería de mezcal en Oaxaca.

estado con menor índice de desarrollo humano (PNUD, 2014), también ocupa el primer lugar a nivel nacional de pobreza (del 2018 al 2020 paso del 64.3% al 64.7%) y en pobreza extrema (del 2018 al 2020 paso del 21.7% al 20.6%) (CONEVAL, 2021), es el segundo estado con mayor desigualdad (coeficiente Gini), y ocupa el segundo lugar en rezago social (CONEVAL, 2000, 2005, 2010, 2015).

A largo plazo, el no uso de prácticas agrícolas tradicionales de conservación del suelo provocaría procesos como desertificación y erosión de los suelos, reduciendo la productividad en la zona.

Otros efectos ambientales con consecuencias directas sobre la industria del agave-mezcal son:

- Pérdida del patrimonio genético del agave silvestre por sobreexplotación y fragmentación de los ecosistemas naturales boscosos;
- Pérdida del patrimonio natural del agave por falta de estrategias de preservación y reproducción de las especies de agave;
- Pérdida de biodiversidad y de los ecosistemas forestales impactando negativamente en las posibilidades de reproducción del agave;
- Pérdida de especies de agave por prácticas agrícolas poco adecuadas (utilización del rozo)
- La vulnerabilidad de los cultivos a las plagas y sequías;
- La producción de residuos y/o desechos que contribuyen a la degradación de los recursos hídricos por lixiviación o por escorrentía;
- Vulnerabilidad en condiciones de fuerte erosión de suelo e hídrica.

Ante el fuerte desarrollo del sector del agave-mezcal, que se orienta cada vez más hacia la agricultura intensiva, es urgente plantear la sustentabilidad de la industria agave-mezcal, con el fin de mitigar los efectos ambientales que parten o impactan en los servicios ecosistémicos de la degradación de tierras. En efecto, se prevé un aumento de la demanda nacional e internacional de mezcal (Eguiarte y González González, 2007). Por consiguiente, el sector del agave-mezcal seguirá desarrollándose en los próximos años. Dado los posibles efectos

socioeconómicos y ambientales adversos que podrían derivarse de una mayor producción industrial de agave, vale la pena considerar la forma en que el sector podría desarrollarse de manera sostenible.

1.2. Contexto del estudio ELD (Economía de la Degradación de Tierras)

Las autoridades del Estado de Oaxaca han sido constantes en el desarrollo de políticas que preserven la sustentabilidad de la producción de agave para mezcal. Los diagnósticos sucesivos realizados dentro de los planes rectores del maguey-mezcal insisten en los retos de la industria para resolver las fallas observadas en la cadena de valor donde la intensificación de los problemas ambientales son lo más significativo. El incremento de la deforestación, visible -según los expertos consultados en este estudio - en los paisajes de nuestra zona de estudio, la pérdida del patrimonio tradicional artesanal y genético del maguey indiscutiblemente reconocido en la fabricación del mezcal, además del empeoramiento de las condiciones de sequía y erosión, hacen del análisis del impacto de los servicios ecosistémicos sobre la cadena de valor una prioridad para el estado de Oaxaca.

La Secretaría de Medio Ambiente, Energía y Desarrollo Sustentable (SEMAEDES), socio del proyecto “Integración de la Biodiversidad en la Agricultura en México” (IKI-IBA) de la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ) para la integración de la biodiversidad dentro de los procesos de producción agrícola, apoyó la complementariedad de IKI-IBA con la Iniciativa ELD (Economics of Land Degradation Initiative, por sus siglas en inglés). El estudio ELD en Oaxaca aportaría la información relevante para las políticas sobre el valor de la biodiversidad/servicios de los ecosistemas del factor tierra y su incidencia en la producción agave-mezcal con el fin de apoyar los procesos de planificación y toma de decisiones para el fortalecimiento de la cadena de valor.

SEMAEDES asoció en el pilotaje del estudio ELD a la Mesa Interinstitucional para la Restauración Productiva de Paisajes (MIRPP), órgano de colaboración intersectorial creado por el gobierno del Estado para temas de sostenibilidad.

El estudio ELD aplicado al análisis de la industria del agave-mezcal representa una oportunidad para atender algunos problemas claves en la cadena de valor:

- Tener un mayor entendimiento del **enlace orgánico entre los servicios ecosistémicos de la tierra y la sustentabilidad de la producción agave-mezcal**.

En efecto, la perspectiva de mercado del mezcal hace de la producción del agave-mezcal un producto (o sistema producto) estratégico dentro de la política del Estado de Oaxaca y a nivel nacional. Además de ser un producto agrícola que tiene la cualidad de resistir a condiciones ambientales extremas, el agave aparece como la solución para atender los problemas de degradación de suelos y de erosión observados en ciertos municipios productores de agave-mezcal. Esta ambigüedad en la doble cualidad del agave conduce a **ignorar o minimizar los efectos de la degradación del factor tierra sobre la sustentabilidad de la producción y la riqueza generada por la producción de agave-mezcal**. Nuestro estudio logra demostrar que existe un “umbral de degradación” a partir del cual el rendimiento y la rentabilidad del agave se ven afectados.

- **Informar sobre el costo de la degradación de los servicios ecosistémicos del factor tierra o el costo de la inacción** evaluando las consecuencias de la tendencia actual de la producción agave-mezcal.

La degradación de las condiciones ambientales tiene igualmente incidencia en ciertos parámetros socioeconómicos, que a su vez exacerban las dificultades en la cadena de valor del agave-mezcal. **El costo de la degradación traduce una pérdida de riqueza que a su vez incide en el bienestar de los hogares agrícolas**. Los agricultores de agave pierden su capacidad de inversión que es compensada por la búsqueda de alternativas económicas fuera del campo o alquilando su capital trabajo o capital tierra (renta de la parcela de agave). De igual manera, esta situación incide en la cantidad o calidad de la materia prima para la producción de mezcal, con riesgos de ruptura en el suministro de la materia prima.

La iniciativa de la **Economía de la Degradación de la Tierra (The Economics of Land Degradation Initiative - ELD)** tiene por ambición poner en relieve la contribución económica del factor tierra en la generación de riqueza y de desarrollo socioeconómico. La Iniciativa ELD fue lanzada en 2011 por la Unión Europea (UE), el Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) y la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD).

La Iniciativa presta apoyo científico a los encargados de formular políticas en los planos nacional e internacional. Cuenta con el apoyo de una amplia red de expertos e instituciones asociadas y tiene por objetivo lograr una transformación mundial en la comprensión del valor económico de las tierras productivas y promover la ordenación sostenible de las tierras.

La Iniciativa proporciona instrumentos y métodos de valoración aprobados que ayudan a las partes interesadas a establecer el rendimiento de la inversión en tierras y su utilización mediante una valoración económica exhaustiva, y a tener en cuenta los resultados en la adopción de decisiones.

El éxito de la iniciativa ELD es informar y proporcionar a los responsables de la toma de decisiones los argumentos socioeconómicos que favorezcan las estrategias de protección y rehabilitación de tierras. La gestión sostenible de tierras es el medio más costo-eficaz de prevención de la pérdida de capital natural, de preservación de los servicios de los ecosistemas, de lucha contra el cambio climático y de promoción de la seguridad alimentaria, energética e hídrica.

Nuestros análisis muestran esta incidencia económica, la misma que se traduce en una **pérdida del poder adquisitivo de los productores de agave**. Esta situación explicaría muchos de los efectos socioeconómicos y ambientales del agave-mezcal evocado por varios expertos, en particular los efectos negativos sobre la seguridad alimentaria, y los índices de pobreza en los municipios productores de agave.

Más allá de la incidencia directa sobre los ingresos del agricultor de agave, es la **pérdida económica para los distritos con DOM del agave-mezcal** como para el estado de Oaxaca.

■ **Evaluar económicamente escenarios alternativos de sustentabilidad** permite informar a los tomadores de decisión de las posibles estrategias que podrían incidir positivamente en el desarrollo estratégico del agave-mezcal.

De manera prospectiva, se estima el beneficio potencial de llevar a cabo estrategias de sustentabilidad integradoras de una gestión sustentable de tierras. Dentro de las posibilidades analizadas en nuestro estudio, algunas están dirigidas a una mejor **planificación del uso del suelo**, con vocación de protección y restauración y/o con plan de manejo del agave-mezcal en zonas de amortiguamiento impidiendo la pérdida de ecosistemas forestales.

■ **Estimar un precio justo que permita contribuir a la sustentabilidad de la producción del agave-mezcal.**

El estudio ELD aporta una contribución importante en la definición de lo que sería un precio justo, entendiéndolo como el reflejo de una remuneración “justa” por los esfuerzos de una producción de agave-mezcal responsable a través del empleo de criterios de sustentabilidad. Se trata de incentivar, mediante el mercado, el **mejoramiento de las prácticas agrícolas para la gestión de la producción de agave-mezcal**, inspiradas en prácticas de la agroecología y de reducción del impacto ambiental. Estas prácticas, que pueden estar certificadas mediante un sello ambiental, pueden justificar un **precio Premium** que compensaría algunos de los costos de la transición agroecológica y de certificación ante la administración pública.

■ **Abrir las posibilidades de acción mediante la innovación financiera para el fortalecimiento de la cadena de valor.**

Las recomendaciones en materia de política pública, que tiende a responder a los retos de planificación y de manejo sustentable, así como aquellas en materia de inversión y de innovación

financiera a través de los pagos por servicios ambientales o el acceso a fondos de financiación de la transición verde. En efecto, la transición del sector agrícola representa no solo una oportunidad para las políticas de neutralidad carbono y/o neutralidad cambios uso del suelo, sino también en cuanto al fortalecimiento de capacidades, a la preservación de los servicios ecosistémicos del factor tierra y a la promoción de una economía agrícola baja en carbono.

De igual forma, se sumó al seguimiento técnico del estudio el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad 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 aplicar criterios de sustentabilidad. Un comité de expertos fue igualmente constituido, integrados por investigadores y especialistas en el tema, los cuales aportaron y validaron información para el mejor desempeño del proyecto, así como emitieron recomendaciones y retroalimentación al proceso metodológico.

Si bien el estudio aporta argumentos económicos valiosos para los tomadores de decisión en materia de sustentabilidad de la producción de agave-mezcal, el estudio reconoce algunos límites en sus alcances.

1.3. Límites de nuestro estudio ELD

La complejidad de la cadena de valor del agave-mezcal, y con ella, las expectativas de los actores de esta industria, condujo a definir ciertos límites respecto a la capacidad de realización en el marco del presente estudio. Estos fueron planteados de la mano con los actores locales a lo largo de las primeras fases del estudio y posteriormente confirmados durante el periodo de investigación.

■ No se buscó realizar un inventario de los actores que componen la cadena de valor ni tampoco la exhaustividad de la descripción de esta. El estudio ELD buscó la **representatividad de los productores** de agave-mezcal en la zona de estudio con el fin de que los resultados informen la decisión pública y sean replicables en otras zonas del Estado. **En las recomendaciones, se dio una especial**

atención a los pequeños productores de agave para mezcal, ya que es el grupo de productores más vulnerable y desprotegido a lo largo de la cadena de valor.

- El entendimiento del ciclo de producción de agave, la interacción entre los actores de la industria, así como la identificación de las fallas económicas en la cadena de valor condujeron a entender los lazos o la **incidencia sobre la seguridad alimentaria y la reducción de la pobreza. Sin embargo, estos no se han podido cuantificar en este estudio.** Los municipios productores de agave-mezcal de nuestro estudio son aquellos que tienen mayores índices de pobreza. La dependencia en esta industria para la generación de ingresos se acerca al 90% (resultados de la encuesta) de los ingresos totales, en circunstancias donde predominan los bajos rendimientos y baja remuneración por los volúmenes producidos de piñas. Nuestro estudio aporta **recomendaciones para el mejoramiento de los ingresos de estos productores y el incremento de la calidad y cantidad de la materia prima para la fabricación del mezcal.**
- Los servicios ecosistémicos asociados a la producción de agave-mezcal que fueron cuantificados en el presente estudio fueron aquellos con mayor prioridad para el gobierno de Oaxaca, es decir, **la productividad agrícola, el control de la erosión, la calidad de suelos (fertilidad) y la recarga hídrica.** Los otros servicios ecosistémicos de suma importancia para el Estado tales como la conservación de la biodiversidad – en particular las **especies polinizadoras - la preservación de un patrimonio genético y cultural no fueron cuantificados en términos monetarios; no obstante, sí se ven reflejados en el diseño del escenario de sustentabilidad.**

Es preciso resaltar que los resultados económicos de nuestro estudio dependen de la calidad de los datos obtenidos en el campo. Nuestros resultados se basan por consiguiente en los datos considerados robustos y representativos para efectos del análisis estadístico y econométrico, para la modelización de escenarios y las proyecciones al 2030, periodo además que representa dos ciclos de cultivo del agave. Por tal razón, y dado el número insuficiente de observaciones de esta categoría, los productores de mezcal que

no producen su materia prima fueron excluidos parcialmente de nuestro estudio. Hemos únicamente hecho un análisis estadístico que confirma la descripción y la situación de este grupo de actores de la cadena. Desafortunadamente, no se pudo analizar el nivel de crecimiento de la oferta del mezcal en los próximos 10 años.

1.4. Área de estudio y características geográficas

Oaxaca se localiza en el sureste del territorio mexicano, se caracteriza por ser el quinto estado con mayor superficie a nivel nacional (9'282938.2 hectáreas), (INEGI, 2018), y cuenta con una población total de 3'976,297 habitantes (INEGI, 2015), la misma que está distribuidas a lo largo de los 570 municipios y 10,496 localidades que lo conforman (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) y a su vez en una subdivisión de 30 distritos. Las regiones de Valles Centrales y Sierra Sur (una porción de ambas) son las que conforman la denominada región mezcalera (integrada por siete distritos). Sin embargo, existen registros (SIAP-SAGARPA, 2003-2019) de superficies sembradas en las regiones Mixteca, Sierra Norte e Istmo.

La diversidad en climas, geología, geomorfología y continentalidad hacen que el estado de Oaxaca sea distinguido del contexto nacional por ser el estado con mayor biodiversidad del país, albergando más de 12 500 especies de flora y fauna en sus cinco principales ecosistemas (CONABIO, 2018).

De acuerdo con el último mapa de vegetación y uso de suelo (SERIE VI, INEGI, 2014), solo el 22.6% de la superficie del estado mantenía su vegetación primaria, mientras que el 31.5% había sido impactada por actividades antropogénicas, siendo la agricultura la actividad con mayor ocupación en el estado con 17.4%, seguida por la ganadería con el 13.1%. Por su parte, el 44.1 % de territorio restante se encuentra en un proceso de sucesión forestal (Ver Cuadro 1). Esta dinámica posiciona al estado de Oaxaca como la tercera entidad con mayor deforestación a nivel nacional (Ellis, 2016)

CUADRO 1

Uso del suelo en Oaxaca

Uso de Suelo	Has
Urbano	90,025.2
Agricultura	1,619,695.6
Ganadería	1,212,006.4
Vegetación secundaria	4,099,452.0
Humedal	162,975.5
Vegetación primaria	2,102,225.6
Total	9,286,380.3

En el estado de Oaxaca, hay una variedad de producción agrícola, que va desde la agricultura de subsistencia de milpa, hasta las pequeñas granjas comerciales y la agricultura de plantación. Generalmente esta actividad tiene poco acceso a insumos agrícolas, como tractores, riego y mano de obra remunerada. Aunque los porcentajes de la población empleada en la agricultura (generalmente no remunerada) son relativamente altos, el valor de la producción y la productividad agrícola, en general, son bajos (James J. Biles y Bruce W. Pigozzi, 2000).

El Valle de Oaxaca es una región semiárida en el altiplano central del sur de México, por lo que la disponibilidad de agua es un aspecto importante. Dado que la agricultura es la actividad económica más importante del Valle, la gestión de los recursos hídricos es uno de los mayores desafíos. Una proporción de los agricultores optan por cosechar cultivos de agave silvestre que inducen una fuerte dependencia de las precipitaciones. Como las precipitaciones anuales varían mucho debido a la situación climática, las pérdidas de cosechas (todos los cultivos combinados) por sequías se producen un año de cada cuatro. (Dilley, F B. 1993.)

Otro gran problema del Estado es la degradación de la tierra. Se estima que el 85% de la tierra en Oaxaca está degradada y el 30% de la tierra está muy severamente afectada (Cotier Avalos & Martínez-Trinidad, 2010). Debido a la dependencia del

agricultor de las precipitaciones y a que el ciclo del agua depende en gran medida de la calidad de la tierra (poder de retención, densidad de la vegetación, etc.), la gestión de la degradación de la tierra es un desafío clave para México.

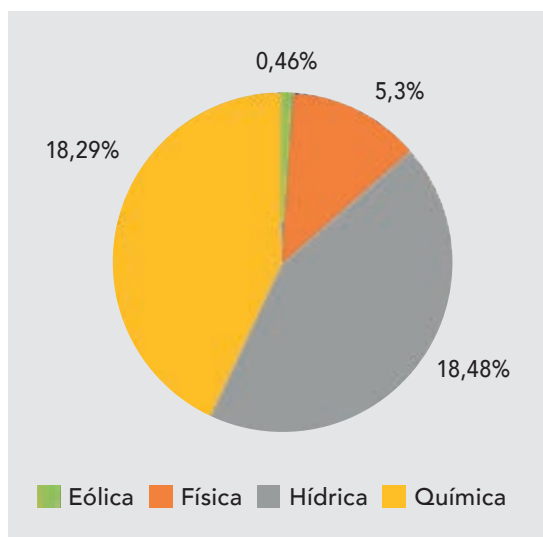
Se estima que la degradación de las tierras (pérdidas de nutrientes y productividad, salinización y deforestación) esta valorizada en más de 3,500 millones de dólares, lo que supone un impacto total de entre el 6% y el 5% del PNB (Cotler et al. 2010). El suelo sufre una degradación acelerada como consecuencia principalmente de diversas actividades humanas, afectando con mayor intensidad a las regiones más pobres, como es el caso de Oaxaca, en parte debido al predominio de la agricultura en la zona. En gran medida, esta degradación está asociada a la falta de conocimiento sobre el papel ambiental que juega el suelo, así como de los límites para su uso en función de sus aptitudes y acerca de las técnicas adecuadas para que pueda ser sustentable.

A través de un estudio de la evaluación de la degradación de suelos en la república mexicana, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) estimó que un 42.20% de la degradación del suelo en Oaxaca es causada por el hombre. Además a través del estudio se identificaron 4 procesos de degradación: erosión eólica, degradación física, erosión hídrica y degradación química (Ver Gráfica 1).

GRÁFICA 1

Tipo de degradación de suelo

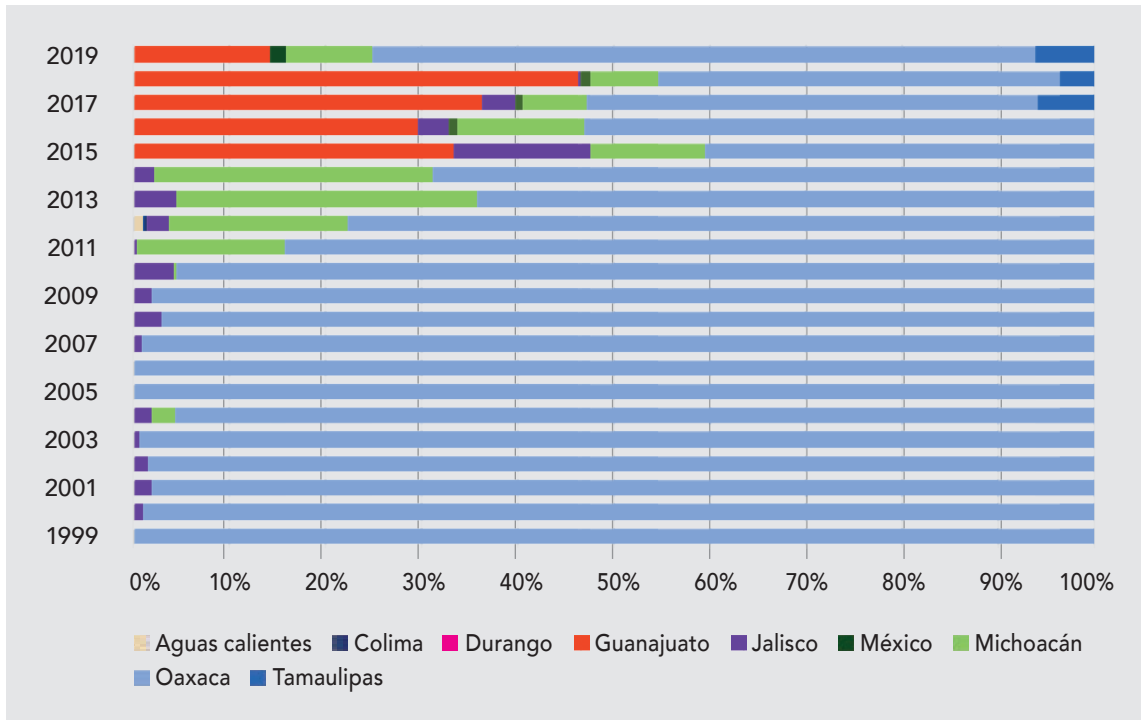
Fuente: *Elaboración propia con base SEMARNAT (2002)*



GRÁFICA 2

Evolución de la producción de Agave en Oaxaca

Fuente: Autores a partir de los datos abiertos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 1980-2019).



Desde que se tiene registro sobre los datos de producción tanto de agave mezcalero como de Mezcal, Oaxaca ha sido el estado que sobresale por su aportación a nivel nacional, sin embargo, a partir del 2010 el estado de Michoacán y Guanajuato han estado incrementando considerablemente su superficie sembrada, reduciendo la aportación de Oaxaca a nivel nacional de un 82% promedio a un 64% en 10 años (Gráfica 2).

La **zona de estudio comprende tres distritos: Yautepec** (461 757 ha), **Tlacolula** (328 547 ha) y **Miahuatlán** (394 811 ha).

En la zona de estudio se identificó un total de 19 tipos de clima, que van desde los áridos cálidos a los semifríos subhúmedos, con temperaturas medias anuales de 22°C, temperaturas mínimas promedio de 12.5°C, máximas promedio de 31°C, y con precipitaciones medias anuales de 1,550mm (INEGI, 2010). Durante los meses más secos las precipitaciones son de hasta 60 mm, con un índice de P/T¹³ de 43 a 55 y una precipitación invernal inferior al 10%.

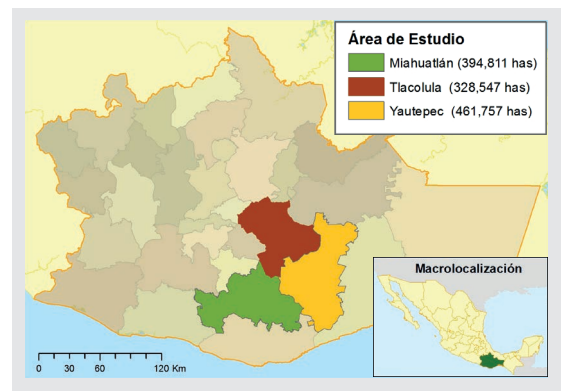
Las variedades de agaves para la producción de mezcal se distribuyen principalmente a lo largo

de la Sierra Madre Occidental y Oriental, el Altiplano, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur (Tamaulipas, San Luis Potosí, Durango, Guanajuato, Michoacán, Puebla, Morelos, estado de México y Oaxaca), especialmente donde se distribuyen **los bosques secos, bosques templados, matorrales y pastizales**.

Los tres distritos de Yautepec, Tlacolula y Miahuatlán se destacan por tener la mayor producción Agave-Mezcal del Estado de Oaxaca.

GRÁFICA 3

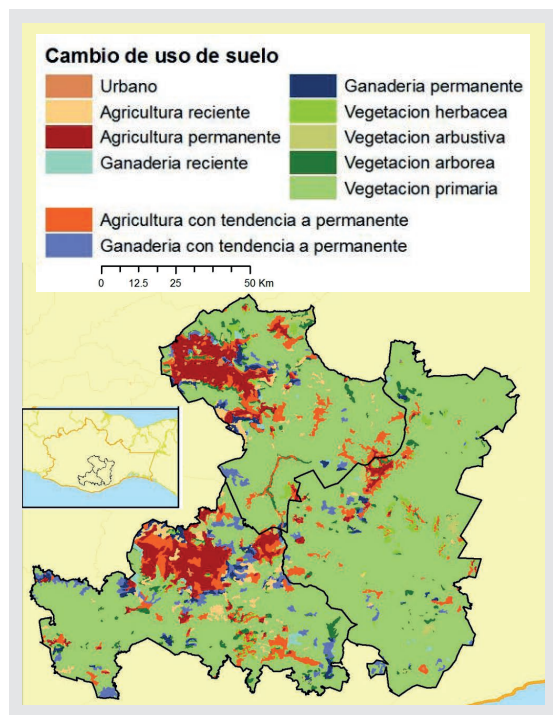
Carta de la zona de estudio Fuente: Autores



¹³ El P/T o índice de humedad de Lang es un estimador de eficiencia de la precipitación en relación con la temperatura. Éste se calcula como el cociente entre la precipitación total anual y la temperatura media anual de un lugar.

GRÁFICA 4

Cambios de uso del uso con posible impacto en superficie forestal Fuente: Autores con base mapas de uso de suelo y vegetación Series I, II, III, IV, V y VI (INEGI, 1985, 1994, 2002, 2007, 2011 y 2014).



De acuerdo con el análisis realizado de 1985 al 2014, en los tres distritos de estudio se observa una tendencia a extensión y estabilización del porcentaje de superficie agrícola. Se piensa que los cambios en el uso del suelo han favorecido la agricultura, sin embargo, es difícil identificar con

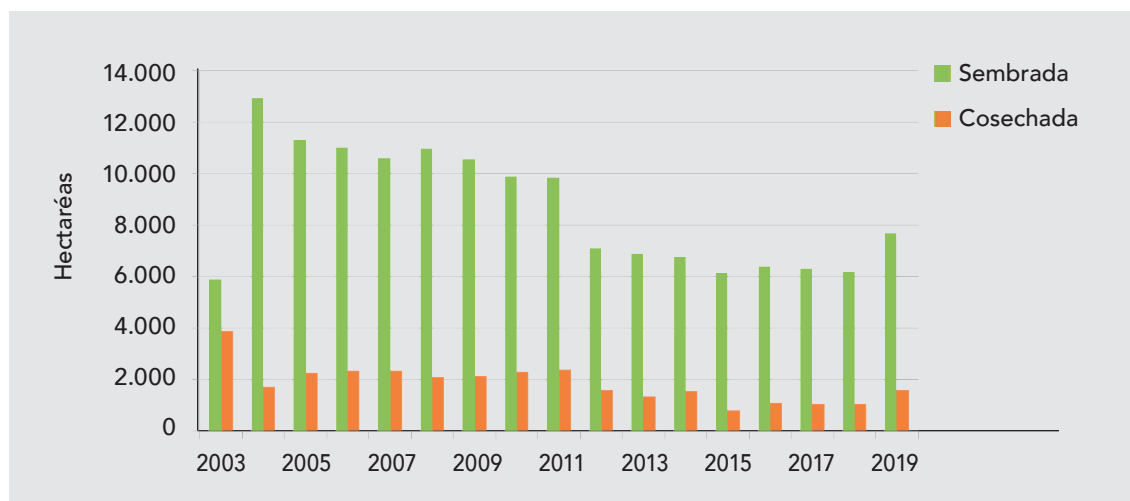
exactitud si estos cambios favorecieron el cultivo de agave (Ver Gráfica 4). Las plantaciones, que se establecieron hacen menos de 9 años, son parte de la extensión de la frontera agrícola que afecta la cobertura forestal y están descritos en el gráfico 4 con la denominación “agricultura reciente”. Esto 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 y representa para los tres distritos un total de 80, 114.2 ha, mientras que aquella con tendencia permanente se ha establecido entre hace 26 y 35 años y tiene un total de 76,456.18 ha.

Según los datos del SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), la superficie sembrada de Agave en promedio es de 1572.84 ha para Miahuatlán, 3079.91 ha para Yautepec y Tlacolula 3965.33 ha. La superficie cosechada cada año representa en promedio entre 10-15% de la superficie sembrada en los últimos años (Gráfica 5).

El rendimiento promedio es de 46 t/has en Miahuatlán, de 68 t/ha en Yautepec y 55 t/ha en Tlacolula (SIAP, datos entre 2003-2019). Yautepec se destaca en términos de volúmenes de producción de piñas en comparación con los otros dos distritos. Las diferencias entre los distritos se han atenuado a lo largo de los últimos 5 años. Armónicamente con el ciclo del cultivo del agave, la pro-

GRÁFICA 5

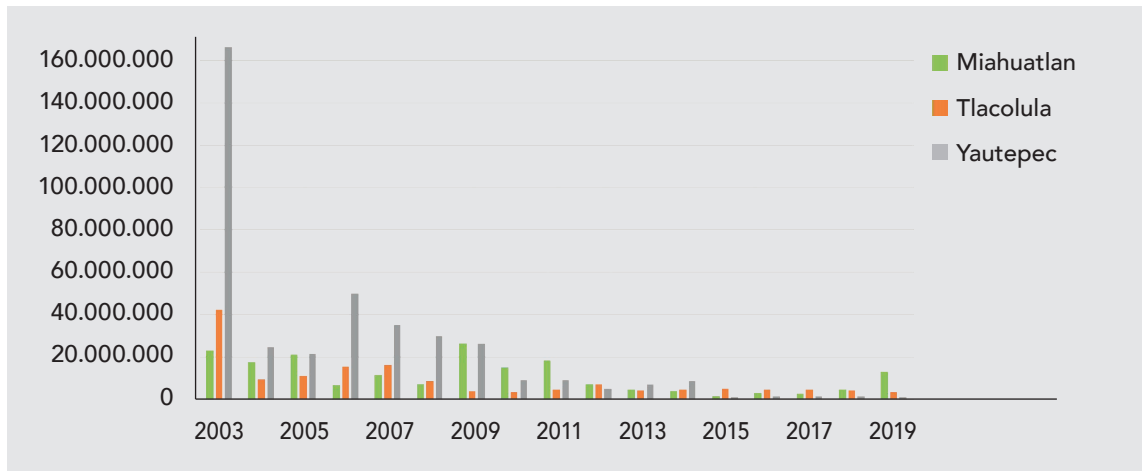
Distribución superficie sembrada y colectada en los tres distritos de la zona de estudio (has) Fuente: Autores a partir de las bases de datos SIAP-SAGARPA, 2003-2019



GRÁFICA 6

Evolución del valor de la producción en pesos constantes (base 2019=100)

Fuente: Autores con base a los datos SIAP

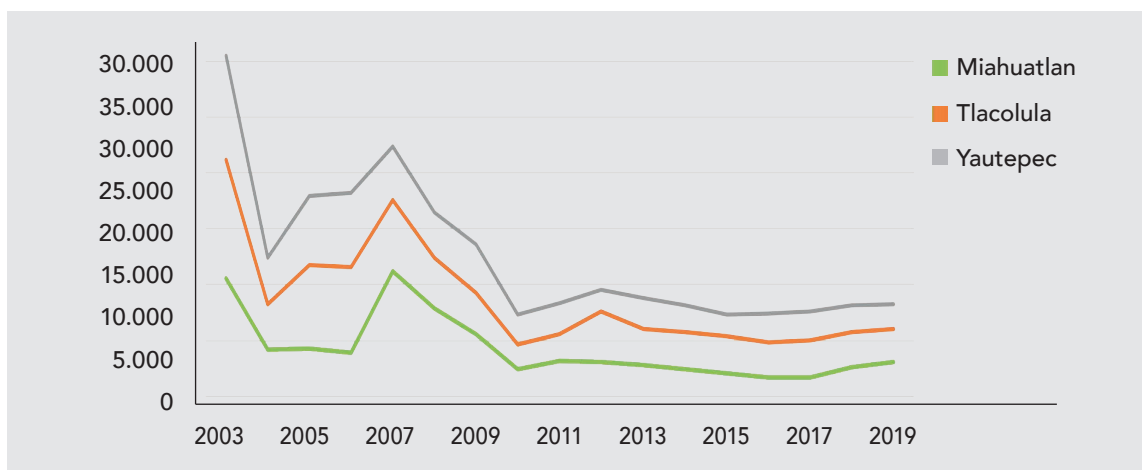


ducción de piñas obtiene un rendimiento óptimo cuando la cosecha interviene al cabo de 7 años, y particularmente para la especie de Agave espadín, mayoritaria en la muestra del estudio. En otros términos, **el volumen de piñas cosechadas depende de las plantas sembradas 6 años atrás. Es este patrón en el comportamiento de producción que será utilizado para las proyecciones de la producción hasta 2030.** Además, para asegurar una producción sin ruptura de materia prima, un porcentaje del total del área cultivada se deja sin cosechar. **Esta proporción entre la superficie cosechada y la superficie sembrada fue igualmente integrada en los escenarios tendenciales y fue estimada entre 7% y 10%**

en el escenario actual y a 20% del volumen de producción en el escenario de sustentabilidad.

En términos de valor de la producción, hemos corregido el efecto de la inflación sobre los precios observados cada año (precios corrientes), con base al año 2019 con el fin de comparar la evolución el valor de la producción en términos reales entre 2003 y 2019 (Gráfica 6). Se puede observar que **el valor de la producción sigue una tendencia decreciente por las piñas puestas en el mercado.** Hay una pérdida de rentabilidad de las piñas de agave entre los años 2003 y 2019, esto implica que los productores de agave-mezcal reciben menores ganancias (en \$MEX cons-

GRÁFICA 7

Evolución de precios constantes (\$MEX/t) por distrito (base 2019=100) Fuente: Autores

tantes) desde 2012 sin conseguir recuperar los niveles de 2003-2011.

Para alcanzar una mayor valoración, los productores pueden incrementar los volúmenes de piñas que se ofrecen al mercado, conservando los precios constantes; o bien, pueden beneficiar de mejores precios con los mismos niveles de producción.

En términos reales¹⁴, se observa una reducción progresiva de precios (\$MEX/tonelada) entre el periodo 2003-2019, sin conseguir obtener el nivel de antes de 2010. Según las estadísticas agrícolas, si bien Yautepec es el distrito en donde se observan los mejores precios de agave, también presenta niveles de producción más bajos (SIAP 2003-2019), en comparación con los otros dos distritos que muestran una situación opuesta. En Tlacolula y en Miahuatlán se observa una producción estable en los últimos años, pero con niveles de precios constantes más bajos (Ver Gráfica 7).

El precio unitario de la piña de agave (\$MEX/kg) depende de dos atributos principales: el peso de la piña y la calidad de la materia prima. La calidad de la piña, a su vez, depende de la especie y de la edad de madurez de su ciclo de desarrollo.

Este es el punto neurálgico de nuestro estudio. En efecto, **se estima que tanto el volumen como la calidad de la producción de piñas son el resultado tanto de las prácticas cul-**

turales como de las condiciones ambientales de la tierra agrícola. Si las condiciones de degradación de los servicios ecosistémicos que sustentan la producción de agaves se acentúan, la producción se vería afectada en el resto de la cadena de valor, incidiendo particularmente en los actores dedicados a la fabricación del mezcal.

Como consecuencia, los productores, generalmente con parcelas menores de 6 hectáreas, son más receptores del precio que se les ofrecen (price-taker) y padecen de precios calificados de “no justos”. Inclusive, con un nivel de precios bajo, nuestro análisis confirma la pérdida de valor adquisitivo de los productores de agave-mezcal, quienes no logran hacer las inversiones necesarias para una producción con valor agregado. En nuestra muestra representativa, los productores de subsistencia, es decir que poseen menos de 3 hectáreas, representaron en promedio 90% de la muestra, y los productores de maguey con baja escala productiva (menos de 6 hectáreas) representaron 10% en Tlacolula y 1,2% en los otros distritos.

El estudio ELD aporta una contribución importante en la definición de lo que sería un precio justo, si éste es considerado como la **“justa” remuneración por servicios ambientales suministrados tanto a los actores de la cadena como a la sociedad en general.** Como lo veremos en el capítulo 5, un **escenario de sustentabilidad de la cadena de valor tiene como pilar de base este precio Premium.**



¹⁴ Se procedió a la corrección de los precios corrientes de las estadísticas agrícolas (SIAP) en pesos constantes con el fin de comparar los precios observados en cada distrito entre 2003-2019. Para ello, se utilizó el índice de precios al productor (IPP) de agave para el tequila; siendo el más cercano al mezcal (datos de INEGI).

Metodología

El enfoque metodológico adoptado en el estudio, el mismo que se puede visualizar en la gráfica 8, constó de 6 etapas y se trabajó de manera iterativa las fases de investigación con las fases de consultación de los actores locales. Es preciso mencionar que el trabajo de campo realizado durante 4 meses incluyó tanto la realización de las encuestas como la organización de “conversatorios” con algunos productores de agave-mezcal. Estas sesiones de diálogo tenían como objetivo la validación de ciertos datos económicos de la producción de agave-mezcal y de las propuestas de sustentabilidad que fueron incluidos en los escenarios de evolución o tendencias.

Presentamos a continuación los pilares metodológicos del análisis ELD de la producción agave-mezcal.

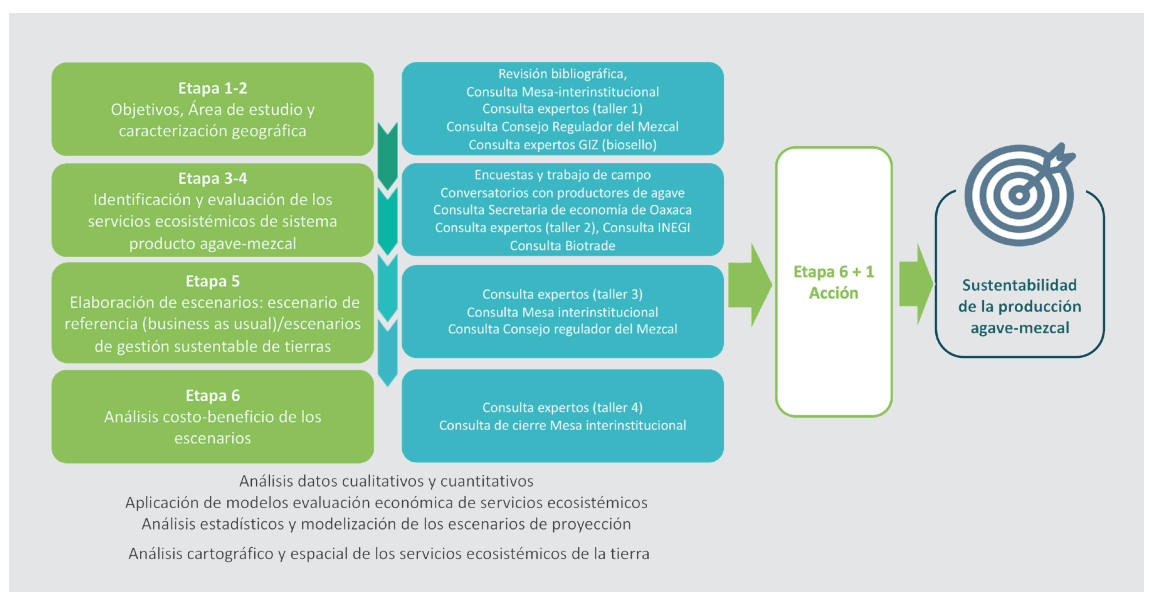
2.1. Análisis económico: Encuestas y trabajo de campo

Se definió una muestra representativa de parcelas de producción agave-mezcal representativas de los tres distritos del área de estudio (Miahuatlán, Tlacolula y Yautepec). Esta muestra representativa y aleatoria fue estimada con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. El tamaño inicial estimado fue de 400 puntos de muestreo, distribuidos en todos los distritos de acuerdo con el número de hogares agrícolas en cada distrito. La muestra se afinó con base en la información existente relativa al número de productores de Agave y de palenqueros por municipio y por distrito.

En total se realizaron 423 encuestas repartidas de la siguiente manera: En Miahuatlán 100 en-

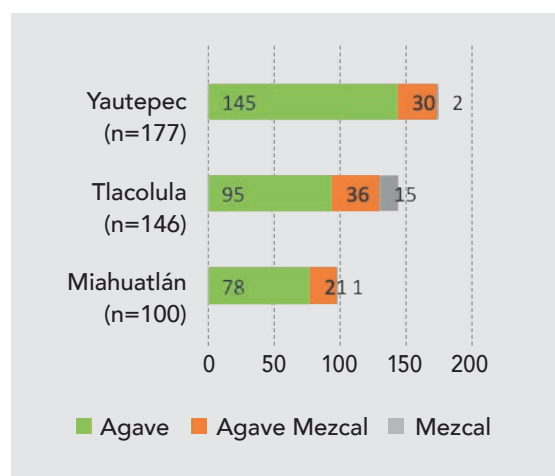
GRÁFICA 8

Desarrollo consultativo y metodológico del estudio ELD en Oaxaca



GRÁFICA 9

Tipología de productores de la encuesta en la zona de estudio Fuente: Autores



cuestas, en Tlacolula 146 encuestas y en Yautepec 177 encuestas. De la muestra, el 75.2% corresponden a productores de agave únicamente, el 20% corresponde a productores que ejercen a la vez el cultivo de agave y producen mezcal (Ver Gráfica 9). La muestra es de menor importancia para los encuestados que se dedican únicamente a la producción de mezcal (4.2%).

Hay que señalar que las condiciones sanitarias afectaron la distribución inicial “teórica” de las encuestas entre municipios. A esta situación hay

que agregar la desconfianza de los productores de agave-mezcal para responder a nuestra solicitud de encuesta. Para los 423 productores que consintieron responder a la encuesta, el 66% no declararon ninguna producción de piñas vendidas en el 2020, lo cual reducía el número de observaciones según el tipo de análisis estadísticos y econométricos de los datos.

Además de este muestreo, se cartografiaron las zonas que representan las diferentes dinámicas de degradación de tierras.

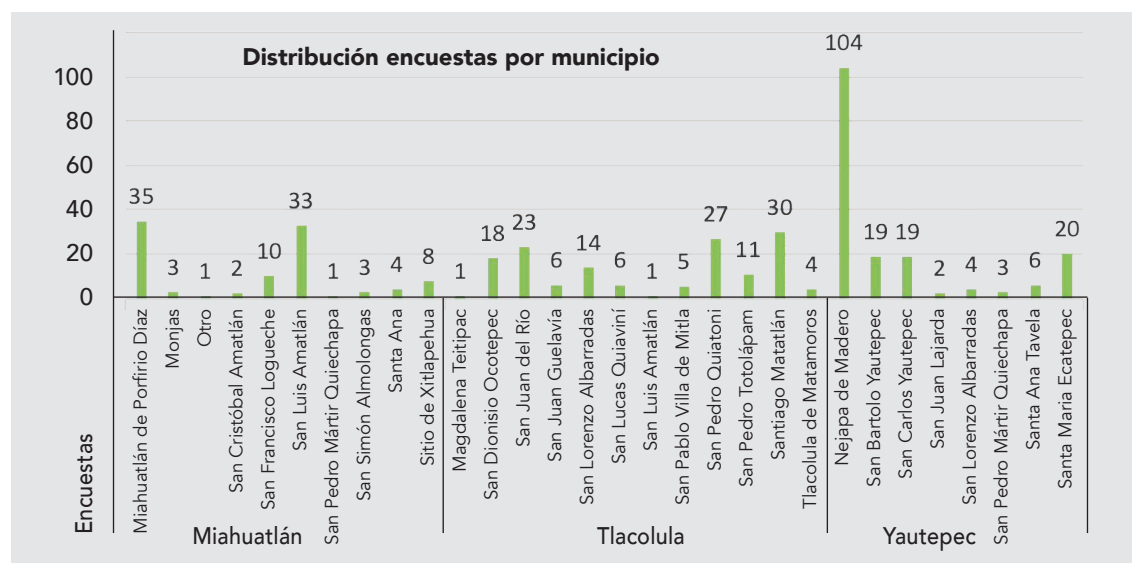
El análisis del sistema de información georreferenciado permitió relacionar las parcelas agrícolas donde se realizaron las encuestas con la información cartográfica de los diferentes servicios ecosistémicos importantes para efectos del estudio. Para cada servicio ecosistémico relacionado con el factor tierra, se determinaron diferentes gradientes de degradación. Los gradientes de degradación se clasificaron en clases de color, siendo el nivel 1 el más bajo o sin degradación y el 5 el más alto o fuertemente degradado.

Sobre la base de esta cartografía, se hizo la correlación entre los efectos de un gradiente de degradación sobre la función de producción del agave-mezcal. Los gradientes de degradación se explican en la sección siguiente. Cabe resaltar que con base al trabajo cartográfico y de las

GRÁFICA 10

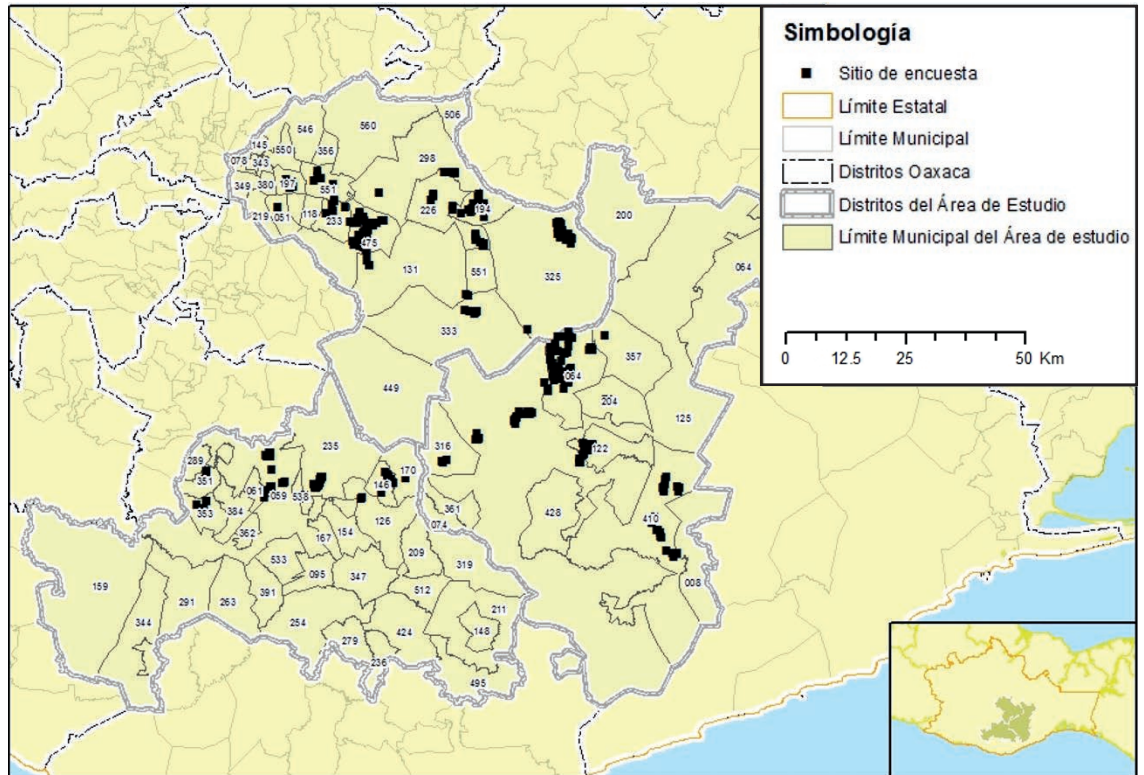
Distribución superficie sembrada y colectada en los tres distritos de la zona de estudio

Fuente: Autores a partir de las bases de datos SIAP-SAGARPA, 2003-2019



GRÁFICA 11

Sitios de muestreo en los distritos de Miahuatlán, Tlacolula y Yautepec Fuente: Autores con base INEGI (2014)



encuestas, se ha obtenido una representatividad de las parcelas según los diferentes gradientes de degradación.

La encuesta abarcaba cuatro áreas principales: primero una parte general de los aspectos socioeconómicos de los productores (edad, género, ingresos, etc.), la segunda parte dirigida a los costos y beneficios productivos de los productores de agave y sus usos de insumos (fertilizantes, herbicidas, etc.) y la tercera parte dirigida a los productores de mezcal y sus actuales prácticas productivas, y finalmente las posibilidades de inversión de los productores. Distinguimos tres tipos de productores: aquellos productores que cultivan agave (*productores agave*), aquellos productores que cultivan agave y también producen mezcal (*productores de agave-mezcal*) y finalmente los productores que únicamente producen mezcal (*mezcal*). Las encuestas fueron realizadas entre los meses de junio y septiembre del 2017. El modelo de encuesta se encuentra plasmado en el documento técnico asociado a este informe¹⁵.

Además del trabajo de campo para la realización de encuestas, se organizaron tres talleres

participativos con los productores locales en cada uno de los distritos. El objetivo de estos talleres fue consolidar la información de la encuesta, con especial énfasis sobre los aspectos económicos de la producción, y recoger la percepción de los productores sobre los criterios de sustentabilidad.

La preparación de las encuestas y el trabajo de campo contó con la participación de expertos de la cadena de valor y actores institucionales de la región de Oaxaca.

2.2. Análisis cartográfico: Evaluación de los servicios ecosistémicos de la tierra

La degradación de la tierra es el resultado de una combinación de fuerzas sociales, económicas, culturales, políticas y biofísicas que operan en un amplio espectro de escalas temporales y espaciales. Sin embargo, surge esencialmente de una gestión deficiente de la tierra que fomenta la erosión del suelo por el viento y agua, una gestión deficiente conduce a la salinización

¹⁵ Un documento técnico del estudio ELD fue elaborado con el fin de presentar el detalle del conjunto de los análisis estadísticos, econométricos, y de la información cualitativa utilizada y obtenida a lo largo de este estudio.

y de manera más amplia a través de la pérdida de materia orgánica del suelo, la acidificación y la pérdida de biodiversidad (Adhikari y Naldella, 2011). Entre los diversos procesos de degradación de la tierra existentes, la **erosión del suelo** se reconoce como un problema ambiental importante que además de causar una **pérdida de la capa superficial del suelo y nutrientes, también reduce su fertilidad**. Asimismo, la erosión del suelo como **resultado de cambios en el uso del suelo, puede aumentar las emisiones de CO₂**, agravando el calentamiento global (Lugato et al., 2018).

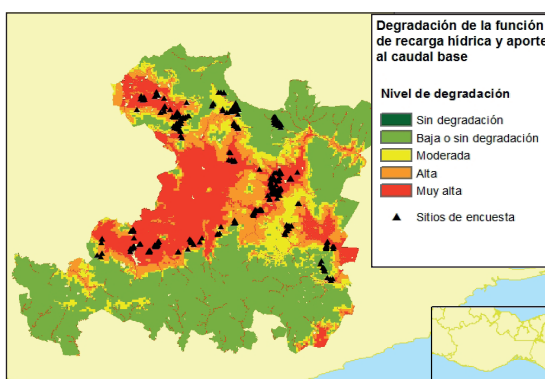
La degradación de la tierra es **acentuada por las prácticas agrícolas**. Entre ellas se encuentran, por ejemplo, la siembra en laderas con inadecuadas prácticas de **roturación y surcado**, la sobreexplotación de cultivos intensivos anuales con la consecuente pérdida de nutrientes, el riego abundante en zonas con alta evaporación, el riego con agua de mala calidad, y el abandono de terrenos agrícolas cuando la producción deja de ser rentable, lo que induce cambios de uso de suelo en la búsqueda de nuevas parcelas.

No es difícil imaginar como la tierra aporta una contribución significativa para el cultivo de agave y la producción otros alimentos (milpa) que completan la canasta alimentaria. La calidad del suelo, con características en materia de **fertilidad** (presencia de materia orgánica o biomasa), de nivel de **erosión**, y de capacidad de **retención de la humedad**, pueden incidir sobre el rendimiento y la rentabilidad de la producción final de piñas para la producción de mezcal. Estos servicios ecosistémicos están descritos cartográficamente de la siguiente manera:

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. Los gradientes asociados a este servicio ecológico varían de 1 (sin degradación) a 5 (degradación muy alta), esto nos indica cuáles son los lugares en donde los ecosistemas han perdido la capacidad de aportar o mantener el proceso hidrológico de forma estable (Gráfica 12).

GRÁFICA 12

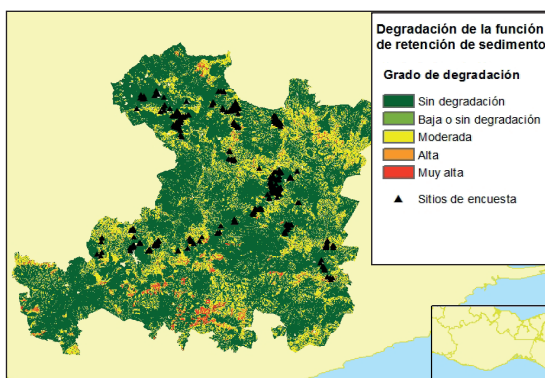
Gradientes de degradación de la función de recarga hídrica Fuente: Autores



Retención del suelo: este servicio ecológico implica que los suelos posean las condiciones óptimas de textura y cobertura para su función como sustrato estable. La retención del suelo está fuertemente relacionada con el tipo de suelo, la geomorfología (pendientes), la cobertura vegetal, el grado de compactación, los flujos hidrológicos y la intensidad de las lluvias. Los gradientes asociados a este servicio ecológico varían de 1 (sin degradación) a 5 (degradación muy alta); este análisis permite distinguir las áreas que pierden más suelo (sedimentos que llegan a una red hidrológica) en el área de estudio. Esta condición está fuertemente ligada a las características de las microcuencas, la cobertura vegetal y el uso de suelo (Gráfica 13).

GRÁFICA 13

Gradientes de degradación de la función de recarga hídrica Fuente: Autores



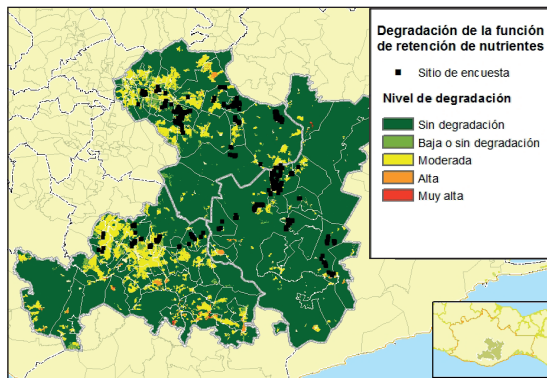
Regulación de nutrientes: este servicio involucra la materia orgánica y su descomposición, la presencia de microfauna asociada (bacterias, protozoarios, artrópodos y nematodos), los ci-

culos 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. 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. A través del análisis de degradación de la función de retención de nutrientes, lo que se observa son aquellos ecosistemas contaminados por el exceso de aportes de nitrógeno y fósforo (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 así, la contaminación de cuerpos de agua y del mismo suelo. Los gradientes asociados a este servicio ecológico varían de 1 (sin degradación) a 5 (degradación muy alta) (Gráfica 14).

GRÁFICA 14

Degradación de la función de retención de nutrientes

Fuente: Autores



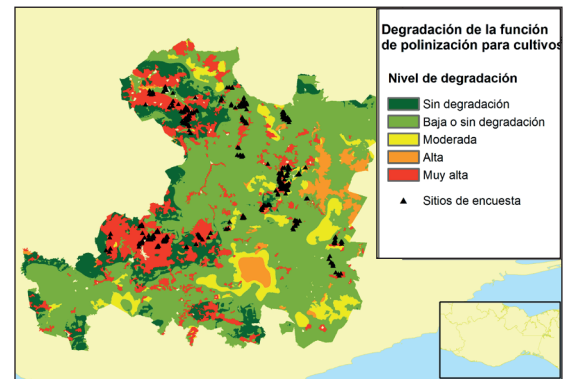
El agave en particular depende de la presencia de los ecosistemas naturales que albergan los **polinizadores** que aseguran su reproducción. Los ecosistemas forestales brindan el hábitat para las especies de agave silvestre, además que aseguran el aprovisionamiento de leña necesaria para la producción de mezcal. La conservación de estos ecosistemas naturales garantiza la preservación del patrimonio genético de las especies de agave, así como de los paisajes culturales de Oaxaca. La pérdida del hábitat dismi-

nuye 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. Los gradientes asociados a este servicio ecológico varían de 1 (sin degradación) a 5 (degradación muy alta), es decir que a mayor degradación es menor el hábitat en donde potencialmente se pueden encontrar los polinizadores (Gráfica 15).

GRÁFICA 15

Degradación de la función de polinización para cultivos

Fuente: Autores

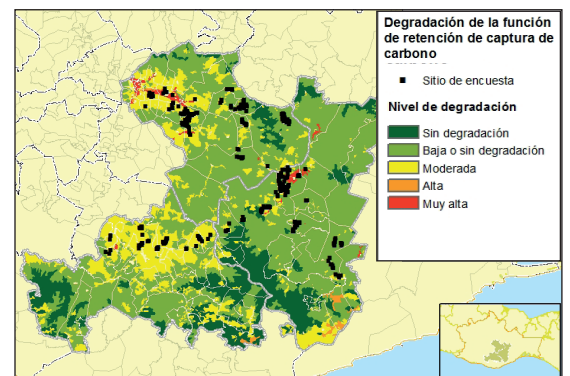


Captura de carbono, este servicio es de gran importancia global, en tanto la disminución de la capacidad de captura de carbono de los bosques y selvas influye, por ejemplo, en los procesos del cambio climático. Esto acarrea una serie de desequilibrios climáticos, afectando en todos los ámbitos; y en 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). En la Gráfica 16, lo que

GRÁFICA 16

Degradación captura de carbono

Fuente: Autores



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. Los gradientes asociados a este servicio ecológico varían de 1 (sin degradación) a 5 (degradación muy alta).

El cultivo de agave tiene una alta tolerancia a sobrevivir en condiciones extremas (erosión y falta de fertilidad de suelos, por ejemplo), y el ciclo de maduración y tamaño de las piñas es favorecido por el manejo y mantenimiento del cultivo a lo largo de su ciclo. Sin embargo, nuestro análisis **muestra que los niveles de rentabilidad comienzan a ser afectados hasta un cierto umbral de degradación de erosión**. En otros términos, a partir de un gradiente de degradación que supera el nivel 3, la rentabilidad comienza a disminuir.

2.3. Evaluación económica de la degradación de tierras

Los servicios ecosistémicos asociados a la producción de agave-mezcal están descritos en el

siguiente cuadro (Ver Cuadro 2). En él, se detalla el tipo de servicio, el método de evaluación y el indicador o modelo empleado para su cuantificación. Los servicios que están señalados en verde son aquellos que fueron directamente calculados. Para los otros servicios, se ha asumido que están indirectamente relacionados, y, por consiguiente, no se cuantificaron en este estudio, ya sea porque se ha asumido que no están directamente relacionados con la producción de agave, por falta información, o bien porque los datos son insuficientes.

Es así como se ha destacado diferentes escalas para los análisis económicos:

- La escala del productor mediante la estimación de los cambios de la rentabilidad por la degradación de los servicios ecosistémicos del factor tierra.
- El impacto a nivel territorial por medio de una gestión del paisaje reduce los efectos de la erosión y la deforestación.
- El impacto en materia de captura de carbono, fuertemente relacionado con los cambios del uso del suelo, tiene una dimensión nacional, inclusive mundial.

C U A D R O 2

Servicios ecosistémicos del agave-mezcal y método de evaluación económica

Tipología Servicios ecosistémicos	Servicio ecosistémico	Método de evaluación económica	Medida (indicador)
	Producción del cultivo de plantas de agave para mezcal	<p>Cambios de productividad. Este método relaciona los cambios en la función de producción del agave cuando hay cambios en las condiciones ambientales (o cambios en los servicios ecosistémicos del factor tierra).</p> <p>Una función de degradación de los servicios ecosistémicos del factor tierra fue elaborada para traducir el grado de degradación de los principales servicios ecosistémicos asociados a la producción de maguey: la erosión, la fertilidad de suelos, la recarga de agua y la pérdida de producción por presencia de plagas.</p>	<p>La función de producción se define como: $Y(X) = Q_t(X) \times (P_t - C_t)^*$</p> <p>La variable X representa la unidad, es decir, una tonelada de piñas, P_t precio unitario por tonelada de piñas en el periodo t; C_t el costo unitario en el periodo t; $Q_t(X)$ el volumen de producción definido como el producto entre rendimiento R_t y superficie cosechada SC_t: $Q_t(X) = (R_t \times SC_t) - \delta t(X)$</p> <p>La función de degradación $\delta t(X)$ está compuesta de las siguientes variables: $\delta t(X) = r(X) + e(X) + s(X) + o(X)**$</p> <p>donde $e(X)$ corresponde a la erosión, $s(X)$ la fertilidad de suelos, $o(X)$ la recarga de agua y $r(X)$ la pérdida de producción por presencia de plagas.</p>

CUADRO 2 (CONTINUACIÓN)

Servicios ecosistémicos del agave-mezcal y método de evaluación económica

Tipología Servicios ecosistémicos	Servicio ecosistémico	Método de evaluación económica	Medida (indicador)
	Leña	Consumo para la producción de mezcal. Estimación por los precios de mercado que incide en los costos de producción.	No fue estimado debido a la escasez de datos (observaciones) de campo.
	Recursos genético Maguey-Agave	Preservación especies silvestres y materia prima para el mezcal.	No fue estimado, pero se integra en los criterios de sustentabilidad.
	Productividad de la tierra (fertilidad del suelo)	Nutrientes/fósforo/biomasa - Enfoque cartográfico que incluye este valor dentro de la función de degradación para el productor de agave.	5 clases de degradación de suelos Enfoque cartográfico e incluido en la función de producción
	Control de la erosión de suelo e hídrica (perdida suelo)	Una primera estimación está incluida en la función de producción.	5 clases de degradación de la función de retención de suelos incluidos en parte en los costos de degradación para el agricultor.
	Control biológico (lucha contra las plagas)	Estimación por los precios de mercado (plaguicidas, herbicidas) y según sistema de producción (monocultivo, policultivo)	Estimación del valor promedio que fue integrado en los criterios de sustentabilidad
	Polinizadores	Enfoque cartográfico	No se estimó directamente, pero integración en los criterios de sustentabilidad
	Captura de CO2	Enfoque cartográfico. Estimación por el costo social del carbono por cada tonelada de CO2 que es emitida. O el costo evitado según los escenarios.	Estimación promedio de volumen de secuestro (Toneladas equivalente CO2) según escenarios de cambio de uso del suelo.
	Purificación (regulación química) del recurso hídrico	Impacto sobre la contaminación de suelo y aguas (vinazas y bagazo)	No se estimó por falta de datos (observaciones)

*** Referirse al documento técnico al anexo 6 y 7 para tener mayor detalle sobre los modelos utilizados. La modelización utilizó tanto los resultados de las cuentas como el histórico de datos del SIAP entre 2003 y 2019.

2.3.1. Estimación del impacto sobre la rentabilidad de la producción agave-mezcal

La evaluación económica por el método de cambio en la productividad (o evaluación del efecto en la producción) se utiliza para valorar los impactos directos de la degradación de tierras sobre el volumen de producción o el valor de la producción de agave. A los factores de producción del agave, se incluye el capital natural, que en este caso traduce el estado de salud o de degradación de los servicios ecosistémicos del factor tierra. Para ello, se construyó una función de degradación que incluye factores endémicos a la producción agave-mezcal y factores exógenos al sistema de producción.

Los factores endémicos son aquellos que impactan la función de producción como resultado de la degradación del suelo y de las prácticas agrícolas de los productores de agave-mezcal, por ejemplo, la incidencia **de la presencia de plagas sobre la producción de agave, donde se estima una pérdida del volumen de producción del 10%** (resultado de las encuestas). La presencia de plagas fue confirmada en las encuestas como el factor que más incide en la pérdida de agave para mezcal.

Los factores exógenos son aquellos que no dependen de la acción del agricultor y son más bien el **resultado de condiciones ambientales que aumentan el riesgo de pérdida de la producción** de agave-mezcal y la agricultura en general, tales como la erosión, la calidad de suelos (fertilidad) y la recarga hídrica.

A la diferencia de otros estudios que analizan la incidencia de cada factor de impacto de manera individual (erosión, por ejemplo), nuestro estudio analiza la incidencia combinada de varios factores de degradación. Es decir que la **incidencia sobre la producción de agave varía en función de la combinación de factores. Cada parcela de producción de agave es impactada de manera heterogénea**¹⁶.

Por ejemplo, la última línea del cuadro 3 se interpreta de la manera siguiente. Si la producción de agave se efectúa en una zona con escasez de agua (nivel 5=fuerte degradación de la recarga hídrica), con erosión (nivel de degradación 3=moderadamente degradada) y en suelos no muy fértiles, el impacto sobre la producción de piñas sería de -12,7% del volumen de producción. Evidentemente, el modelo no captura la naturaleza del suelo,

C U A D R O 3

Síntesis de los impactos promedios (%) sobre la producción de agave por los factores combinados de degradación de tierras (únicamente los resultados con efectos sobre la producción)

Fuente: Autores. La línea en negrita se explica en el texto

impacto_RECARGA	impacto_EROSION	Calidad suelo	Pérdidas en %X
2	3	Moderadamente fértil	-0.77
5	3	Moderadamente fértil	-1.4
5	3	Muy fértil	-0.84
4	4	Muy fértil	-5.03
5	1	No muy fértil	-4.043
5	2	No muy fértil	-2.05
3	3	No muy fértil	-1.19
4	3	No muy fértil	-11.90
5	3	No muy fértil	-12.67

¹⁶ Estos datos provienen del análisis econométrico de las encuestas. En efecto, cada encuesta fue geo-referenciada según los gradientes de degradación correspondiente a la erosión, fertilidad de suelos, recarga hídrica y presencia de plagas por tipo de sistemas de producción, lo que permitió obtener los coeficientes de correlación en la función de degradación. Para los detalles del modelo, referirse al documento técnico de este estudio.

sin embargo, estos son resultados con un nivel de confianza de 95%, si todo lo demás es igual.

La presencia de plagas en los cultivos de agave, que finalmente conducen a una pérdida de volumen de producción, está fuertemente relacionada con los tipos de sistema de producción¹⁷. En comparación con los policultivos, **los sistemas en monocultivo son más vulnerables a la presencia de plagas hasta en un 20 % de acuerdo con los resultados de las encuestas**. Se observa además que, en los monocultivos, la pérdida de la producción puede llegar al 74%, mientras que esta pérdida solo representa el 54% en sistemas de policultivo.

Sin embargo, cuando se introduce a la vez el factor regional (distrito), la fertilidad del suelo y el tipo de sistema de producción, el impacto en pérdidas porcentuales de producción es bastante variable, como lo indica el Cuadro 4.

Hemos combinado igualmente las variables “tipo de distrito”, la “fertilidad de suelos” y la “recarga hídrica” para estimar la incidencia en materia de pérdida de producción. Los resultados muestran que la pérdida es mucho más sensible en suelos “No muy fértiles”.

De esta manera, se han realizado varias simulaciones combinando las diferentes variables de

CUADRO 4

Síntesis impactos promedios (%) sobre la producción según distrito, fertilidad y sistema de producción

Fuente: Autores.

Distrito	Calidad del suelo	Tipo de sistema de cultivo	Pérdidas en %X
Miahuatlán	Moderadamente fértil	Monocultivo	0
Tlacolula	Moderadamente fértil	Monocultivo	-0.1292
Yautepec	Moderadamente fértil	Monocultivo	0
Miahuatlán	Muy fértil	Monocultivo	-5.0273
Tlacolula	Muy fértil	Monocultivo	0
Yautepec	Muy fértil	Monocultivo	0
Tlacolula	No muy fértil	Monocultivo	-2.392525
Yautepec	No muy fértil	Monocultivo	-1.001841176
Miahuatlán	Moderadamente fértil	Policultivo	-0.4365875
Tlacolula	Moderadamente fértil	Policultivo	0
Yautepec	Moderadamente fértil	Policultivo	0
Miahuatlán	Muy fértil	Policultivo	-0.84044
Yautepec	Muy fértil	Policultivo	0
Miahuatlán	No muy fértil	Policultivo	-14.88457778
Tlacolula	No muy fértil	Policultivo	0
Yautepec	No muy fértil	Policultivo	-4.785275

¹⁷ Significancias estadísticas de 0,1%. Ver documento técnico para los detalles.

nuestro modelo asociado a la función de degradación. Como resultado, hemos considerado tres escenarios de degradación que impactan en el valor de la producción: **el escenario bajo donde la función de degradación fue estimada a 3.49% del valor de la producción; un escenario intermedio estimado a 8.8% del valor de la producción; y escenario alto estimado a 12.8%**. Como lo veremos, este cálculo nos lleva a estimar el valor de la producción que se pierde debido a la presencia (costos) de la degradación de los servicios ecosistémicos.

2.3.2. Evaluación del impacto de una gestión del paisaje en los tres distritos

El impacto debido a la degradación del servicio “control de la erosión”, se aprecia en términos de pérdida de suelo (o del sustrato), es decir no continúa estando disponible para la producción agrícola, y en particular para la producción de agave. En nuestro estudio, **se estima que una gestión a nivel del paisaje en los tres municipios permitiría mitigar los efectos de la erosión mediante la promoción de prácticas agroforestales con agave en áreas de fuerte erosión.**

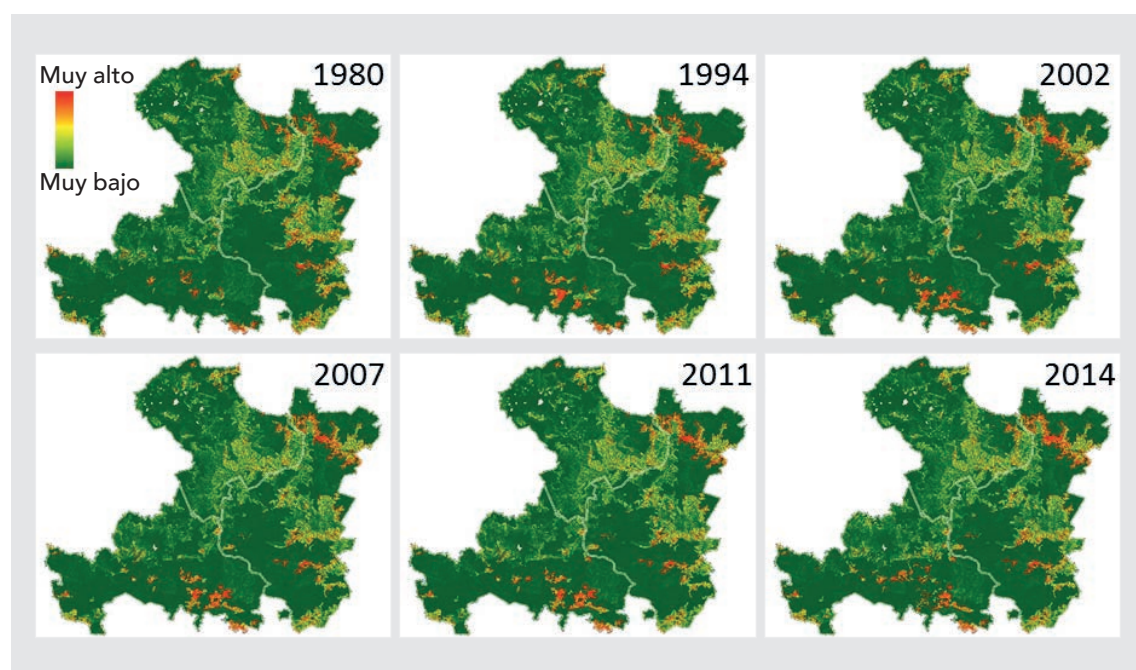
Se realizó la modelación utilizando el modelo de Sediment Delivery Ratio (SDR) de InVEST 3.9.0, y estimando la cantidad de pérdida de suelo anual (a partir de la ecuación RUSLE¹⁸). Para el análisis multitemporal, se emplearon los mapas de uso de suelo y vegetación Serie I, Serie 2, Serie 3, Serie 4, Serie 5 y serie 6 (INEGI, 2001; INEGI, 1980; INEGI, 1993; INEGI, 2002; INEGI, 2007; INEGI, 2011; INEGI, 2014)

Se estima que, durante los 40 años de análisis, el 91.61% del territorio permanece con una erosión muy baja, mientras que el 5.38% lo hace con una erosión baja. Solo el 2.34% presenta erosión media, el 0.57% permanece con erosión alta y el 0.11% lo hace con una erosión muy alta, siendo estos tres últimos rangos los que reflejan una pérdida real del suelo (Ver gráfica 17 y cuadro 5).

Al analizar la tendencia en el incremento de las áreas erosionadas se identifica que el comportamiento es muy homogéneo, por lo que no hay incrementos significativos de áreas erosionadas. Por tanto, hemos conservado la misma superficie por rango de degradación en la erosión para las proyecciones hacia 2030.

GRÁFICA 17

Evolución de la erosión entre 1980-2014 en la zona de estudio



¹⁸ El 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.

CUADRO 5

Superficie en hectáreas según gradiente de erosión

Superficie en hectáreas							
Nivel de erosión	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

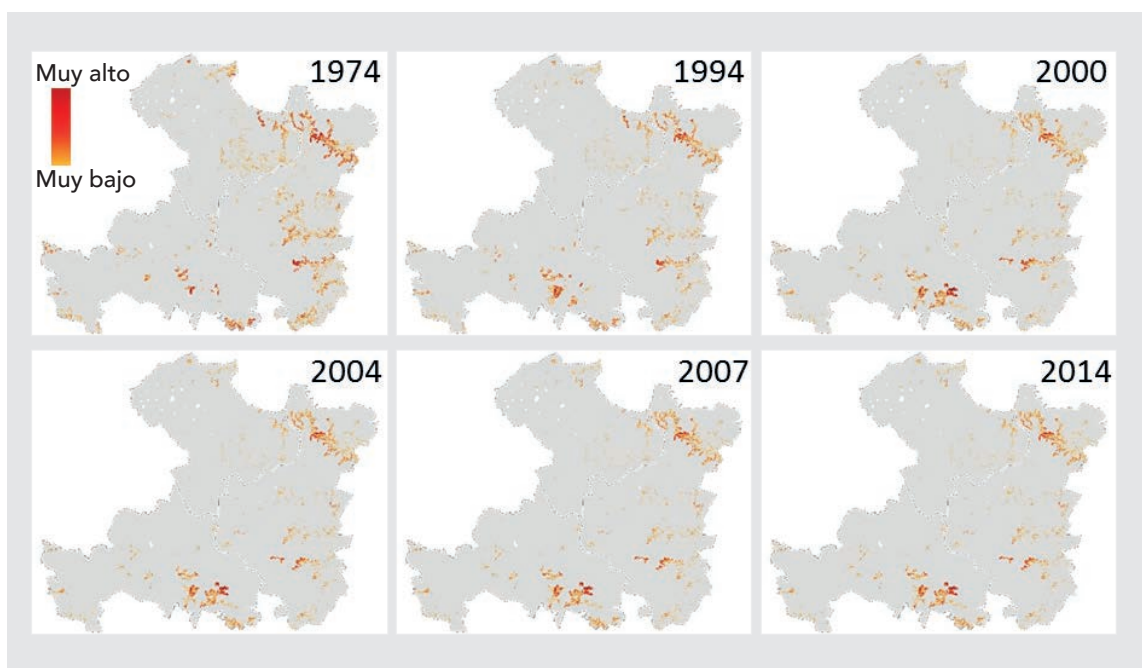
Con el análisis de manera acumulativa, se identificó un total de 68,208 hectáreas con diferentes niveles de erosión, las mismas que requieren acciones que permitan recuperar y mantener los suelos de la región. No obstante, de este total, solo el 48.7% (33,249 has) corresponde a áreas con características agroclimáticas adecuadas

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

Considerando los requerimientos de los agaves y la experiencia que se tiene al utilizarlos como una herramienta para retener sedimentos y recu-

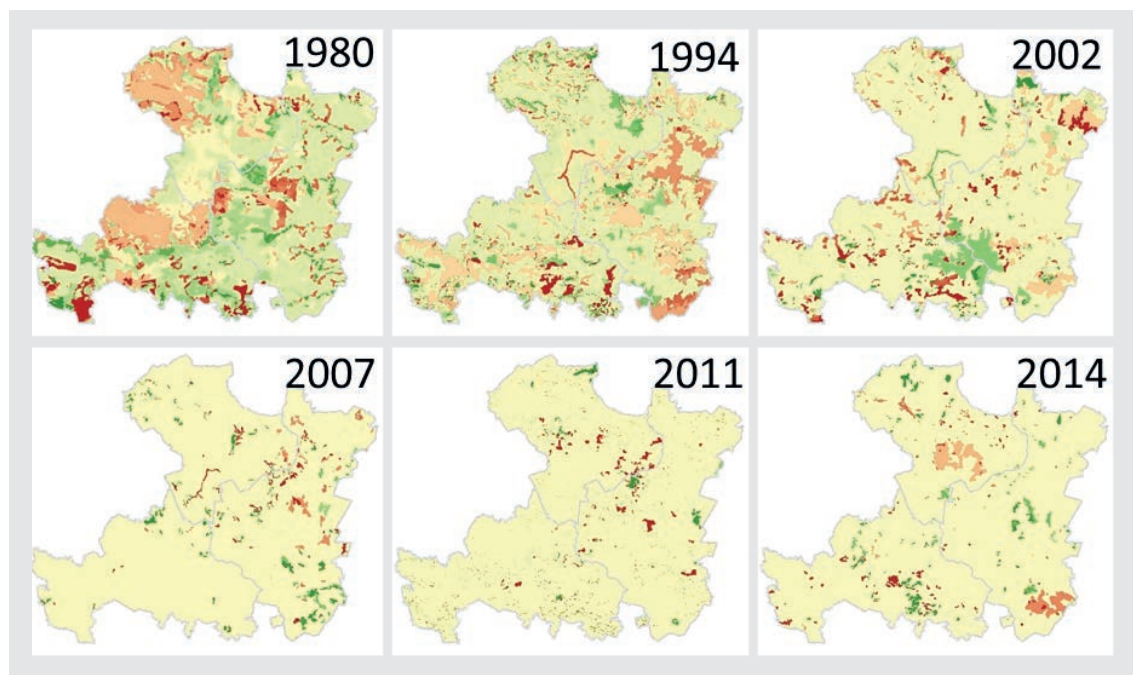
GRÁFICA 18

Mapas de erosión entre 1974 y 2014



GRÁFICA 19

Cambios en la captura de carbono entre 1980 - 2014



perar suelos erosionados, se puede concluir que existe una oportunidad de **33,249 hectáreas para establecer plantaciones de agaves en tierras degradadas por la erosión**¹⁹, dando prioridad a aquellas áreas que presentan erosión más reciente. Esto permite disminuir las inversiones, tener mayor éxito en la producción y detener los procesos de deforestación de bosques y selvas con vegetación natural y vegetación arbórea.

Inclusive, el escenario de sustentabilidad para la producción de agave-mezcal considera la aplicación de modelos agroforestales en áreas fuertemente erosionadas. Los análisis económicos pueden concentrarse en el establecimiento de estos modelos agrícolas, que hay que distinguir de las propuestas que buscan la transformación de los sistemas productivos de agave existentes.

2.3.3. Evaluación del impacto en materia de captura de carbono

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 fue modelizado a partir del de Carbón de InVEST 3.9.0²⁰ (INEGI, 2001; INEGI, 1980; INEGI,

1993; INEGI, 2002; INEGI, 2007; INEGI, 2011; INEGI, 2014).

La zona de estudio potencialmente almacenaba un stock de 111,558,961.98 toneladas de carbono, distribuida a lo largo de los diferentes tipos de vegetación de Miahuatlán, Tlacolula y Yau-tepec (Mapa de vegetación INEGI 2001). Entre ellos destacan 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 respectivamente, 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, entre 1980 y 2014, por el cambio del uso de suelo se han perdido 10,350,517.38 toneladas de carbono, lo que representa el 9.27 %, del stock original²¹ (Ver gráfica 19).

En promedio, y en relación con los balances de pérdida y absorción de carbono durante el

¹⁹ En el análisis de (Simonit, S, et al. 2020), se promueve el uso de agroforestales con agave en áreas con vegetación secundaria arbustiva y herbácea de selva caducifolia y subcaducifolia, en áreas de agricultura de temporal anual con pendiente entre 5% y 10% y de temporal anual asociada a cultivos permanentes o semipermanentes con pendiente entre 5% y 45%.

²⁰ 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).

²¹ Para la producción de un litro de mezcal se requiere entre 8 y 10 kg de leña (0,0083 m³ aproximadamente), siendo la madera de pino, encino, mezquite, huizache y órgano las más empleadas para ello (Martínez Tenorio, 2017), Esta leña puede proceder del desmonte por algún cambio de uso de suelo, de un aprovechamiento comercial (con métodos de desarrollo silvícola) y del claudestaje o extracción sin permisos, generando desde una degradación de la vegetación primaria o secundaria, hasta generar la deforestación de áreas boscosas.

CUADRO 6

Toneladas de carbono capturadas Fuente: Autores.

Año de referencia	Toneladas de carbono
Año base	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

periodo 1980 al 2014, se pierden anualmente 304,426.9 toneladas de carbono en el área de estudio (Ver Cuadro 6). Esta pérdida responde a procesos de cambio de uso de suelo.

2.3.4. Hacia una planificación del manejo sustentable a la escala territorial

Las propuestas precedentes tienen como objetivo mejorar las condiciones económicas y ambientales de la producción del agave-mezcal. Si bien los efectos conducirían a un incremento de la producción de agave, este aumento del volumen de producción se explica por el mejoramiento de los manejos agrícolas de los sistemas productivos sin extender la superficie en áreas forestales naturales. De hecho, por el contrario, se busca incrementar la cobertura vegetal disminuyendo así la presión sobre el bosque.

Aunque nuestro estudio no estima directamente el valor de la deforestación evitada, asume, sin embargo, un co-beneficio de la gestión sustentable de la producción de agave-mezcal.

En efecto, la gestión sustentable se traduce en acciones que permiten una restauración productiva de los sistemas agrícolas, así como el manejo sustentable y la conservación de los ecosistemas. Estas acciones brindan la posibilidad que el paisaje agropecuario actual de los tres distritos de estudio,

provean de suficiente territorio para el cultivo de agave a largo plazo, mejorando a su vez, las condiciones económicas de los diferentes eslabones de la cadena de valor de forma sustentable.

De acuerdo al 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), 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, obteniendo 728,271.6 ha (60.67% del área total de los tres distritos de estudio) en donde se pueden aplicar diferentes acciones. En el mapa de la Gráfica 20, 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 se muestran las áreas sin aptitud agroclimática para el agave). Para cada área se recomiendan diferentes acciones de gestión sostenible:

- 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 recomiendan dos tipos de gestión sostenible, la primera es la reconversión de las áreas agrícolas con moderada a muy baja erosión, esto implica realizar policultivos (agroforestales), implementando buenas prácticas. La segunda recomendación es la “siembra de monocultivo de agave en zonas severamente erosionadas” (ya que un agroforestal resultaría costoso y con bajos rendimientos), dado que la peculiaridad biológica del agave permite que éstos puedan desarrollarse y además ayudar a la recuperación de los suelos y los ecosistemas.
- 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 ma-

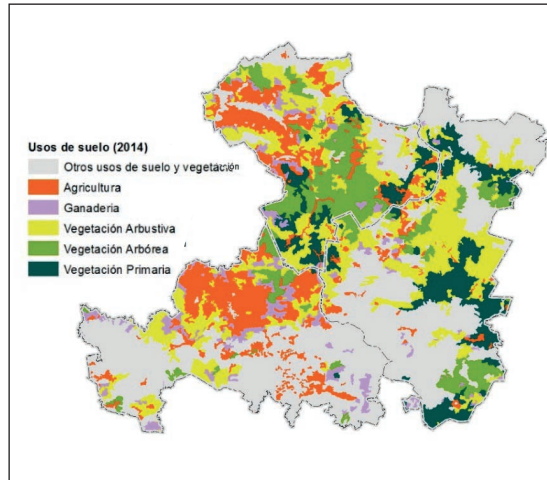
nejarlas, aplicar planes de manejo comunitario, etc.) y el aprovechamiento sustentable. En áreas donde la erosión es baja a muy baja, se recomienda el manejo sustentable.

- 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 (el resultado de este análisis se observa en el punto 4.3.2 del presente estudio).

GRÁFICA 20

Mapa uso del suelo Fuente: Autores



03

Caracterización de la cadena de valor Agave-Mezcal

3.1. Características socioeconómicas del productor de agave-mezcal

El trabajo de campo nos permitió elaborar un perfil de los productores de agave-mezcal. Los productores son en su mayoría hombres (90% en Miahuatlán, aproximadamente 84% en Tlacolula y Yautepec). El promedio de edad se sitúa entre 50-59 años. Inclusive, se ha observado un mejor rendimiento cuando el productor tiene en promedio entre 20 y 30 años de experiencia (Ver Gráfica 21).

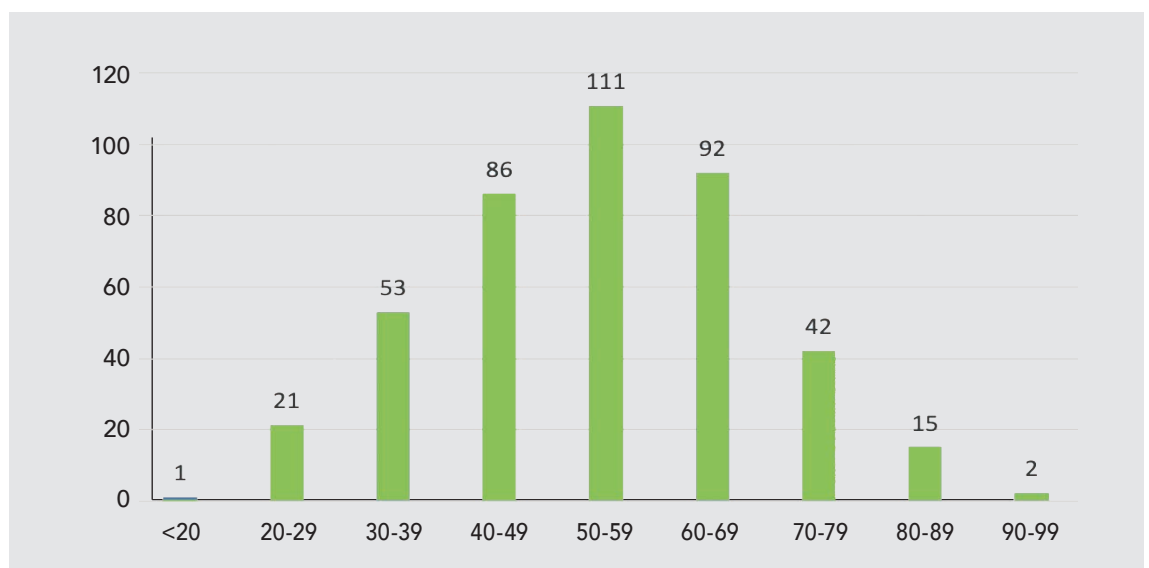
La media en los tres distritos es de 5 miembros en cada hogar. El nivel de educación más alto alcanzado por este tipo de productores es en su mayoría primaria. En Tlacolula se alcanza este nivel para el 41.05% de los productores agave, en Miahuatlán para el 55.13% y en Yautepec para el 45.52%.

De la muestra, se observa dos tipos de productores que predominan en nuestra zona de estudio: los productores de agave y los productores de agave-mezcal (combinan las dos producciones para la elaboración del mezcal). Nuestra muestra tiene un número insuficiente de observaciones para aislar únicamente el comportamiento de los productores de mezcal.

En los tres distritos se observa que los productores de agave-mezcal obtienen una mayor producción de piñas que aquellos que se dedican únicamente al cultivo de agave. Inclusive, en promedio, **el volumen de piñas del productor "tipo agave-mezcal" es 150% superior a la rentabilidad de un productor "tipo agave"**. La gestión del ciclo de producción, desde el suministro de la materia prima hasta la fabricación del mezcal, puede explicar estos mejores resultados de la actividad (Gráfica 22).

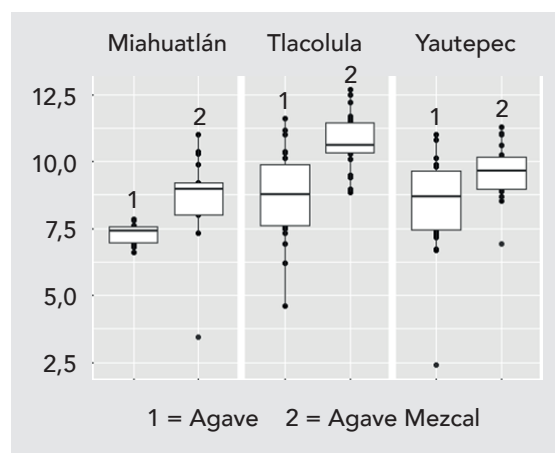
GRÁFICA 21

Edad de los productores de agave (n=423)



GRÁFICA 22

Volumen producción según el tipo de productor y distrito Fuente: Autores



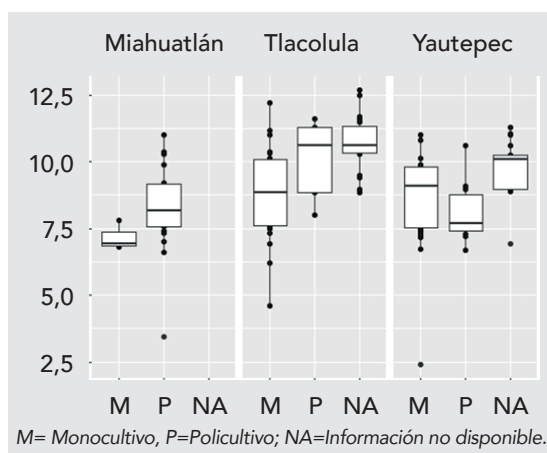
El ingreso anual declarado por los encuestados fue estimado en \$41,590 en Miahuatlán, \$34,593 en Yautepec y \$35,630 en Tlacolula. Los productores de agave de Miahuatlán son aquellos que dependen de más de la mitad de los ingresos del cultivo de Agave (80% del ingreso total), comparativamente a los productores de Tlacolula (68%) y Yautepec (67%). Se observan dos modos de producción: monocultivo y policultivo. El primero representa el 60% del total de la producción y el segundo 40% de total de la muestra (Ver Gráfica 23).

Estadísticamente y en comparación al policultivo, el monocultivo es mayoritario en todos los distritos, sin embargo, en Miahuatlán y Tlacolula el volumen de la producción de agave proviene en su mayoría de sistemas en policultivo. Yautepec es el distrito donde predomina el monocultivo y presenta mayores rendimientos en comparación con los sistemas en policultivo. Cabe anotar que, al detallar **el nivel de ingreso por tipo de sistema de producción, los productores de agave tienen un mayor ingreso en sistemas de producción en policultivo que en sistemas de monocultivo.** En sistema de policultivo, el agave es cultivado con otros productos agrícolas que contribuyen a la seguridad alimentaria de los hogares (maíz, frijol, calabaza, etc.) e inciden positivamente en la economía del hogar.

En términos de la proporción agrícola entre el agave y los otros cultivos, y de acuerdo con los resultados de las encuestas realizadas, se estima que los agricultores dedican 94% de la

GRÁFICA 23

Volumen producción según sistema de producción Fuente: Autores



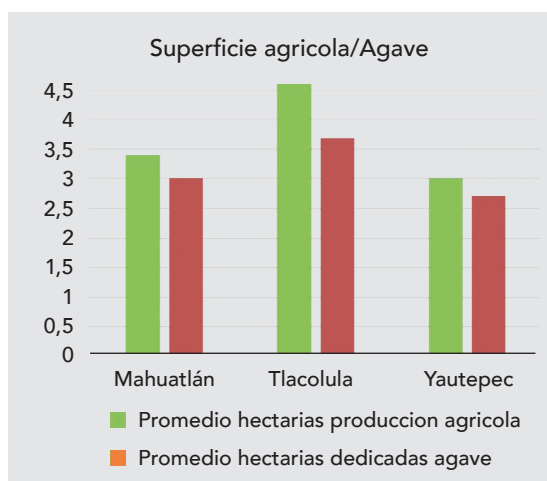
superficie agrícola a la producción de agave en Miahuatlán, un 88% en Yautepec y un 81% en Tlacolula (Gráfica 24).

Los cultivos en propiedad privada representan en promedio el 71%, tanto para los productores de agave, como para los productores mixto (agave+mezcal). Por su parte, los cultivos en predios ejidales representan 16%, sin embargo, se observan diferencias en lo relacionado a los predios comunales.

La proporción de predios comunales es relativamente más significativa (42%) para los productores mixtos que para los productores de agave (12%). El sistema producto maguey-mezcal en

GRÁFICA 24

Repartición entre cultura de agave y otros usos agrícolas Fuente: Autores



Oaxaca identificó en 2013 en la actual zona de estudio, cuatro tipos de productores de maguey:

- Los productores de subsistencia (PS) son aquellos que tienen hasta 3 hectáreas para el cultivo de Agave. Este grupo representa el 90% de nuestra muestra en Miahuatlán, el 98% en Yautepec y el 79% en Tlacolula.
- Los productores de maguey con baja escala productiva (PEB) son aquellos que dedican entre 3 y 6 hectáreas al cultivo de Agave. En Tlacolula, este grupo es representativo para el 10% de la muestra, mientras que, en los dos otros distritos, el porcentaje es de apenas de 1,2%.
- Los productores de maguey con escala productiva media (PEM) son aquellos que tienen entre 6 y 22 hectáreas. En el caso de Yautepec, este grupo no estuvo representado, mientras que, en Tlacolula y Miahuatlán, este grupo representan 1,1% en promedio.
- Los productores de escala productiva alta (PEA) con superficies mayores a 22 ha están sobre todo representados en Tlacolula con un 7,3% de la muestra, mientras que en Miahuatlán solo representan el 1,3%. En el caso de Yautepec, ningún productor fue representado para este grupo.

La mayoría de los productores de agave cultiva una única especie de agave. Entre los productores que cultivan una especie, el 95% cultiva

C U A D R O 7

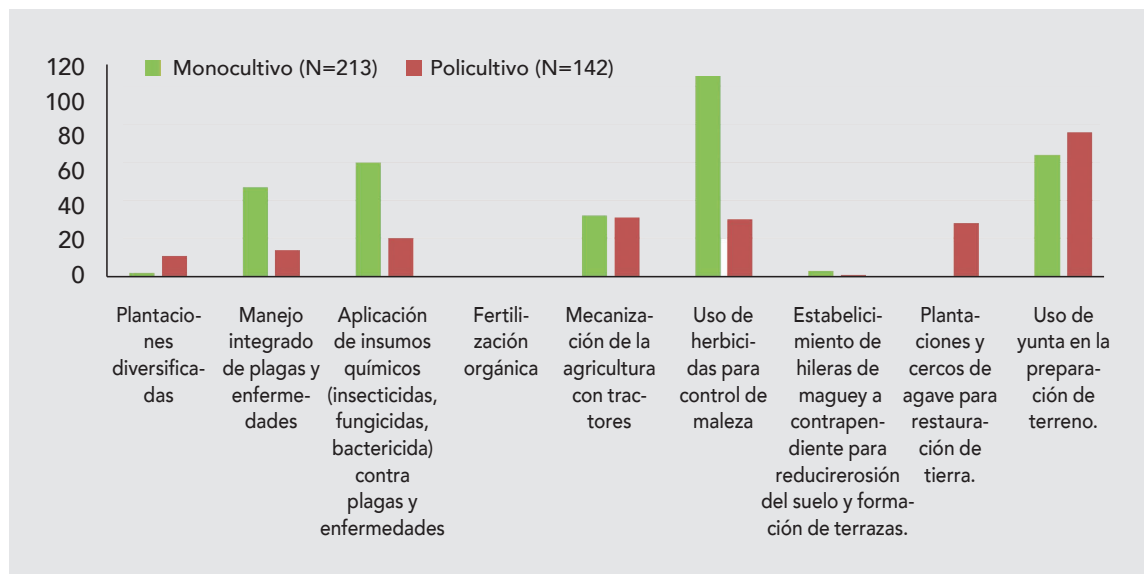
Especies de agave reportadas Fuente: Autores.

Agave	N	%
Agave angustifolia	302	94,97
Agave karwinskii	5	1,57
Agave marmorata	3	0,94
Agave potatorum	7	2,20
Agave rhodacantha	15	4,72
Agave americana var linneo	1	0,31
Agave convallis	1	0,31
Agave salmania	1	0,31

Agave angustifolia (espadín), y el resto cultiva otras especies de agave *Agave karwinskii* (*Cuishe o barril*), *Agave marmorata* (tepeztate), *Agave potatorum* (tobalá) y *Agave rhodacantha* (mexicano) (Cuadro 7). El 3.14% de los productores de agave reportaron cultivar una segunda especie además de la especie *Agave angustifolia*. Dentro de las especies silvestres utilizadas, la especie *A. potatorum* es la que mayor rentabilidad presenta en comparación al agave angustifolia o espadín (resultado análisis encuesta). Se dice que

G R Á F I C A 2 5

Prácticas en los sistemas de producción del agave-mezcal Fuente: Autores.



esta especie es muy apreciada por la industria del mezcal por la suavidad de su pulpa ya que tiene poca pulpa y un alto contenido en azúcares; esta especie da lugar a un bouquet exquisito reconocido por el mercado (Salvador 2003).

En términos de prácticas agrícolas, la gráfica siguiente muestra diferencias entre los sistemas de producción en monocultivo y en policultivo (Ver Gráfica 25). Para el monocultivo, el uso de insumos químicos se confirma sobre todo para el control de plagas y enfermedades del agave y malezas. Los insectos que con más frecuencia atacan los cultivos de agave son: *Acentrocne me hesperiaris Wilk* (gusano blanco), *Hipoptha agavis Blanquez* (gusano rojo o chinicul), *Asterina mexicana Ell y Eu* (negrilla o fumaginas), *Colietotrichum agaves Cav* (antrocnosis del Maguey), además, de la enfermedad *Erwinia sp* (pudrición bacteriana de la cabeza) (Salvador 2003). El uso de agroquímicos se explica también por la presencia de suelos pobres, lo que acentúa la vulnerabilidad de plantas tanto a las plagas como a la sequía.

Se observan también algunas prácticas de manejo del suelo y de diversificación de culturas (intercalando con otros cultivos) en estos sistemas, aunque en menor proporción en comparación con los sistemas en policultivo. La integración de estas prácticas “de cuidado del suelo” al monocultivo se promueve en los escenarios de sustentabilidad cuyos componentes están descritos en el capítulo 4.

Para los sistemas en policultivo, el uso de insumos agroquímicos para atender el control de plagas y enfermedades se desarrolla igualmente frente a las condiciones de degradación del suelo. Promover y fortalecer estas prácticas agroecológicas son los objetivos de los escenarios de sustentabilidad.

3.2. Características de la cadena de valor

La cadena de valor corresponde al conjunto de operaciones y actores que intervienen en la transformación de la materia prima (el agave) en mezcal, pero también incluye actividades relacionadas con el envasado y la comercialización para el consumidor. Según ciertos expertos, una tipología de 17 actores constituye la cadena de

valor (Gráfica 26). Nuestro estudio trató de identificar el nivel de integración de los productores de agave-mezcal en las diferentes funciones/operaciones de la cadena de valor.

La cadena de valor actual se puede agrupar en una diversidad de actores (Palma y otros 2016):

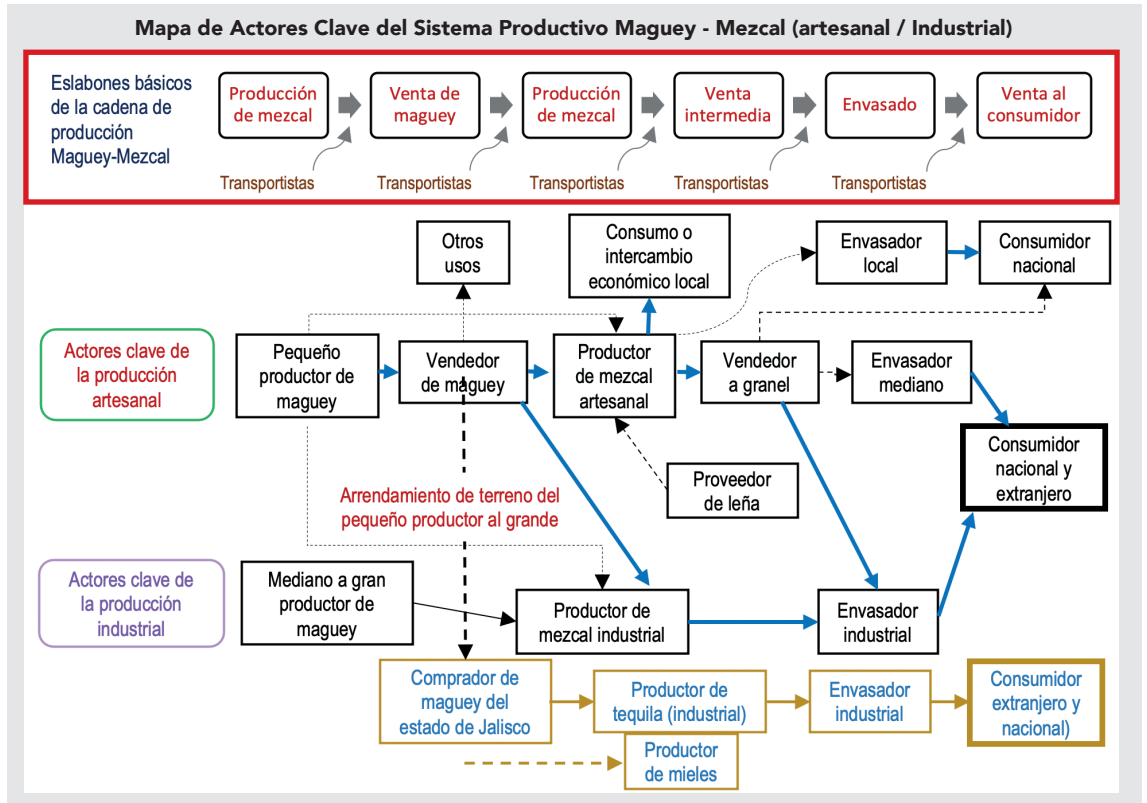
1. Pequeños productores de maguey (superficies no mayores de 3 hectáreas)
2. Los jornaleros
3. Las organizaciones productivas que venden maguey
4. Los proveedores de leña (comunidades y ejidos forestales)
5. Los arrendatarios de la tierra para producir mezcal
6. Proveedores de insumos agrícolas
7. Transportistas
8. Los productores de mezcal del Palenquero
9. Los productores industriales de mezcal
10. Los intermediarios del mezcal
11. Los pequeños y medianos envasadores (empresas medianas)
12. Grandes empaquetadores y comercializadores (grandes empresas)
13. Las instituciones certificadoras de la NOM-070SCFI (exclusivamente COMERCAM)
14. La Junta Nacional de la Industria del Mezcal (Feria del Mezcal) y la Cámara Nacional de Industria del Mezcal (asociación empresarial privada afiliada a COPARMEX).
15. Organizaciones de la Sociedad Civil. A.C.
16. El Gobierno Federal (SAGARPA, CONAFOR) y Estatal (SEDAPA).
17. Representantes de los consumidores nacionales e internacionales.

Si bien se han podido identificar los actores claves y sus respectivos roles, las interacciones son más complejas que una simple sucesión lineal dentro de esta cadena de valor. Por ejemplo, los productores de agave y los fabricantes de mezcal desempeñan un papel fundamental en la comercialización del mezcal tradicional.

Además, los expertos hacen la distinción entre la cadena de valor del mezcal tradicional y la del mezcal industrial. En el primer caso, el mayorista puede vender directamente al consumidor local (cortocircuito), o abastecer a un envasador para llegar a otros mercados nacionales e inter-

GRÁFICA 26

Actores de la cadena de valor Palma, Perez y Meza (2016)



nacionales. Además, los pequeños productores de agave (con el fin de producir mezcal artesanal) pueden a veces recurrir a un vendedor de agave, o pasar por alto este intermediario e interactuar directamente con el productor de mezcal artesanal, o incluso, en raros casos, abastecer a una fábrica de mezcal industrial. En cambio, en la cadena de valor de la producción industrial de mezcal, el número de intermediarios se reduce y la organización de la cadena deja menos libertad a los agricultores. La organización está más racionalizada.

En nuestro estudio, no se tuvieron casos de productores de mezcal de tipo industrial, motivo por el cual es difícil de abordar los aspectos de la sustentabilidad para este grupo de actores de la cadena de valor. Sin embargo, sí podemos deducir que, para la producción industrial de mezcal, la capacidad instalada de infraestructura y equipo está subutilizada. Los altos costos de producción y mantenimiento del equipo y la carga fiscal han llevado a una reducción de la producción. El sector industrial del mezcal se ha concentrado más en el envasado de mezcal bajo diferentes marcas (Plan Rector 2014).

Dentro de los 423 productores encuestados, se observan múltiples estrategias por parte de los pequeños productores de agave-mezcal para reducir costos, en particular para la obtención de la materia prima (plántulas) para sus cultivos de agave:

- **Reproducción en viveros.** Un tercio (32%) de los productores encuestados poseen viveros, en su mayoría propio. El 28% de éstos compran y reproducen por hijuelos²². Otros utilizan la reproducción por hijuelos de sus propias plantas que son utilizadas para una nueva plantación.
- **Recolección de especies silvestres** es el método menos representado en nuestra muestra (sólo el 2% del total de productores), así como es el método menos costoso para el productor de agave-mezcal y el que más impacto ambiental produce. La falta de manejo de estas especies y de sus ecosistemas naturales agrava el problema de desaparición de variedades y especies locales, pérdida de capital genético y de impacto negativo sobre los polinizadores que aseguran la reproducción de las especies silvestres.

²² Hijuelos o plántulas extraídas de la planta madre con el fin de garantizar la reproducción del agave.

Durante el ciclo de maduración del agave, el 51% de los productores de agave son también **jornaleros** en otras plantaciones de agave para mezcal. El 51% de estos 162 productores jornaleros, se encuentran en el distrito de Yautepec, seguido por Tlacolula (35%) y Miahuatlán (14%). El 46% de los productores que se identifican como jornaleros, son nuevos productores de agave que han comenzado a cultivar a partir de 2016 en adelante.

El 4% de los productores de agave son también **transportistas** de este. Ellos transportan el agave hacia el destino de venta, ya sea productores artesanales de mezcal o intermediarios en Tlacolula o Yautepec. Estos productores sólo producen *Agave angustifolia* en monocultivo.

Algunos de los encuestados señalaron rentar la tierra a productores de mezcal. Esta práctica solo representa el 1% de la muestra para los productores de agave. La renta de la tierra ha sido descrita según algunos expertos como una *estrategia de transferencia productiva*, que responde a su vez, a los bajos rendimientos y poca capacidad de inversión por parte de los productores de agave y a la búsqueda de garantías para el suministro de la materia prima de calidad para la elaboración del mezcal (Bautista et al. 2017). El productor de mezcal selecciona y alquila la parcela de maguey; tiene dos años para realizar el corte de piñas y regresar la parcela al productor. Se piensa que el productor de mezcal logra, de esta manera, realizar ahorros en la medida

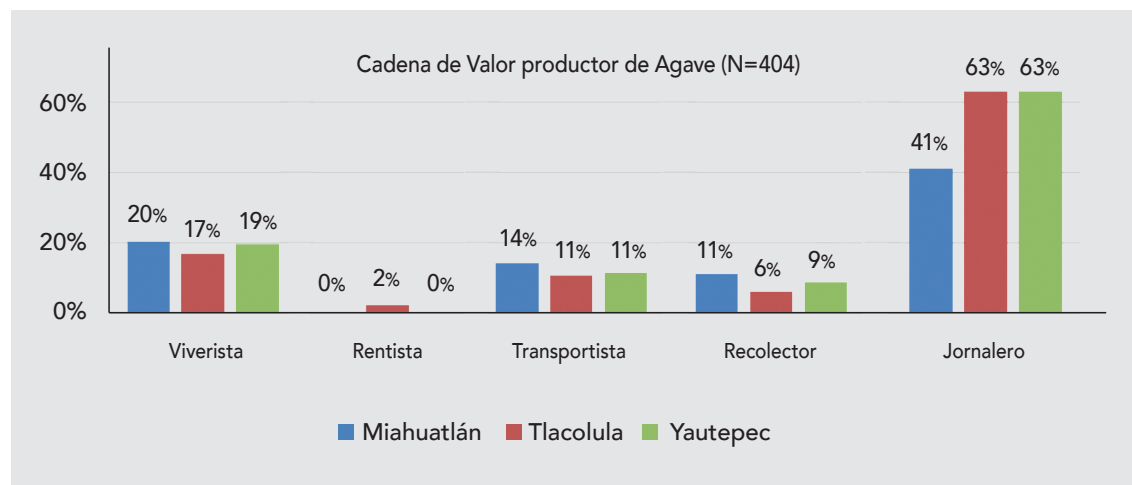
en que reduce sus costos de producción en las primeras etapas del cultivo de agave y del riesgo asociados a la pérdida de materia prima debido a condiciones ambientales.

La baja rentabilidad de la industria del agave-mezcal ha sido analizada en los diferentes diagnósticos. Algunos la explican por presentar una superficie insuficiente para generar ganancias, otros, por la falta de capital de inversión, particularmente debido al tiempo de maduración del cultivo. Las dos explicaciones se mantienen y los productores de agave-mezcal se organizan para reducir los costos de producción. La búsqueda de eficiencia económica para mantener la vocación productiva de la comunidad los lleva a invertir en activos económicos y materiales, como, por ejemplo, los vehículos de carga que rentan o les permite ofrecer servicios de transportista hasta los mercados locales, como es el caso de Matatlán (capital mundial del mezcal). Sin embargo, algunos expertos afirman que la diversificación de “tareas” o funciones dentro de la cadena del agave-mezcal es un medio para completar los ingresos distintos a la agricultura (trabajo de la tierra). El trabajo como jornalero²³, el pequeño comercio de mercancías o la migración de zonas rurales son algunas de las manifestaciones de la incidencia socioeconómica del desarrollo del cultivo del agave-mezcal. El desempleo y la falta de recursos agudizan las condiciones de pobreza de los productores de agave-mezcal (Baptitste et al. 2017).

GRÁFICA 27

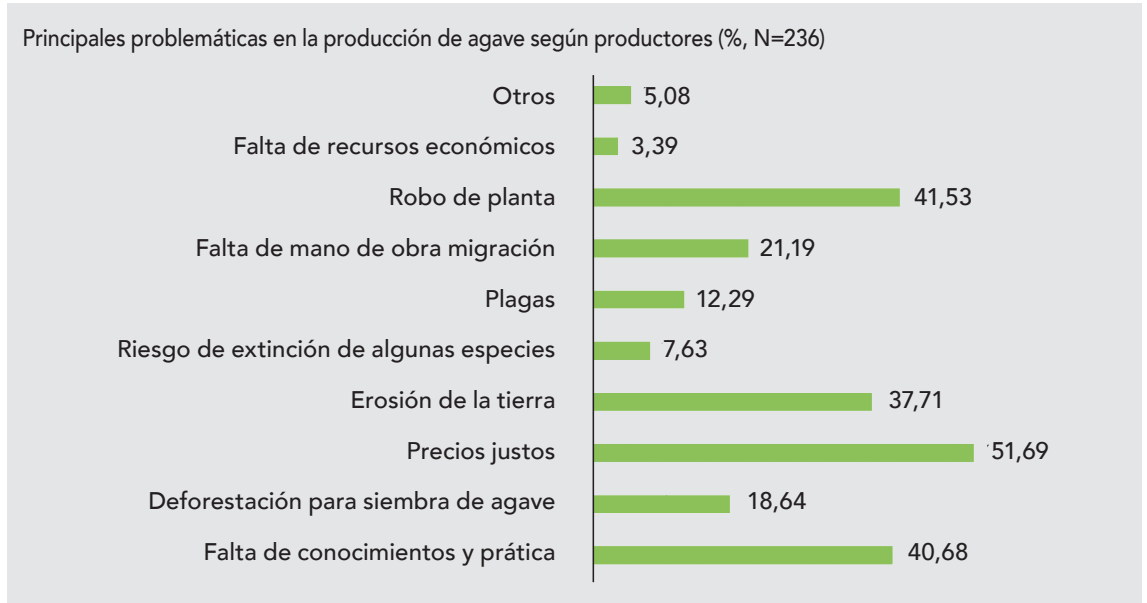
Integración de los productores de agave-mezcal en la cadena operativa del mercado agave-mezcal

Fuente: Autores.



²³ Se dice del agricultor quien ofrece su trabajo a otros productores de agave o mezcaleros/palenqueros.

GRÁFICA 28

Problemas de la producción de agave para mezcal Fuente: Autores.

Inclusive, los ingresos generados por la producción de agave-mezcal no cubren la totalidad de los costos en que incurre el ciclo de maduración del maguey. Para contrarrestar los gastos mencionados, los productores de maguey utilizan la mano de obra no remunerada y familiar ahorrándose así los costos de mano de obra (jornales).

En nuestra encuesta, la mano de obra no remunerada representa una parte importante en la cadena de valor - aproximativamente el 51% en Miahuatlán, 24% en Yautepec y el 23% en Tlacolula - y dentro de este grupo, la mano de obra familiar representa el 75%, 80% y 87% en Miahuatlán, Tlacolula y Yautepec respectivamente. Por su parte, la **participación de las mujeres en el trabajo familiar no remunerado representa el 38% en Miahuatlán, 24% en Tlacolula y solo 11% en Yautepec.**

Cabe resaltar que la rentabilidad y la eficiencia de la producción de agave-mezcal son uno de los problemas reconocidos por los productores de nuestra encuesta. Algunos tienen por origen en el **disfuncionamiento del mercado, que no logra valorar con un precio justo, mientras que otros en el proceso de maduración del agave que produce sabor y cualidad del mezcal.** A estos se le suma la falta de mano de obra y la falta de conocimiento agronómico sobre las prácticas que puedan mejorar las condiciones de producción (Gráfica 28).

Otros tienen como origen las condiciones ambientales, donde el tema de la erosión está muy presente igual que la presencia de plagas y la deforestación.

Los otros problemas que representan el 5% de nuestra encuesta están relacionados con los problemas asociados a la alta inversión, los costos de agroquímicos, pérdida de hijuelos, los costos de maquinaria y la falta de asesoría técnica.

Para los productores de nuestra muestra, **el 81% no ha certificado sus parcelas ante el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM), lo que impide una trazabilidad de la calidad del maguey y una mayor remuneración.** Todavía circula en el mercado demasiado mezcal artesanal a precios muy bajos, sin que se regulen o verifiquen las normas mexicanas. Según se informa, se comercializan entre 3,000 y 5,000 marcas de mezcal artesanal no certificadas por el organismo certificador del COMERCAM, a menudo en forma de ventas al por menor para consumo local y nacional (especialmente restaurantes) (Plan Rector Sistema Nacional Maguey Mezcal 2011).

El Plan del Rector de 2014 señala que la articulación de estos diferentes eslabones es complicada, lo que dificulta la planificación de la producción. En particular, los productores de agave y mezcal

trabajan de manera **demasiado independiente y sin una coordinación suficiente de sus esfuerzos**. Esto hace difícil **evitar la sobreproducción o la escasez**. También se destacó la falta de promoción de la comercialización del mezcal. Además, una mejor organización de los productores permitiría una mejor transmisión de los conocimientos, incluida la asistencia técnica para la prevención de la lixiviación del suelo. En otras palabras, una cadena de valor más integrada permitiría responder mejor a los problemas ambientales, en parte gracias a un mejor acceso a la información para los productores de agave tradicional.

También se observó que la investigación científica y la transferencia de tecnología no satisfacen las necesidades del sector. Es particularmente importante en el futuro asegurar precios garantizados para los productores de agave, o incluso pagos previos a la cosecha, mejores condiciones de seguridad en el trabajo, mejores herramientas e insumos y acuerdos o contratos claros que garanticen la seguridad.

3.3. Impactos ambientales en la producción de agave mezcal

Dentro de los problemas ambientales percibidos por los productores destacamos la presencia de plagas, la sequía como consecuencia de una variabilidad de las temperaturas que reducen la disponibilidad de agua, la erosión y deslizamiento de tierra que es una consecuencia directa de la erosión con gradientes de degradación muy altos.

La combinación del análisis cartográfico y la georreferenciación de las encuestas nos permitió analizar el enlace orgánico (o correlación) entre los niveles de rentabilidad y los factores de degradación de tierras que nos interesan directamente, tales como la erosión, la recarga hídrica, la fertilidad de suelos y el control biológico (referirse al capítulo 2 sobre la metodología).

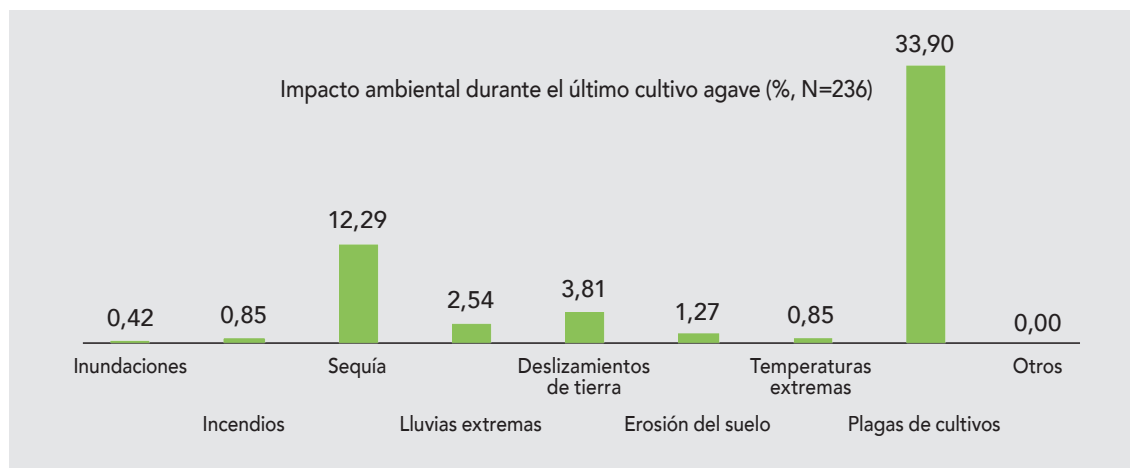
En lo relacionado con la erosión, vemos que la producción de agave se ve afectada a partir de ciertos gradientes de degradación de la erosión. En particular donde los resultados son significantes, Miahuatlán y Yautepec muestran una reducción de su producción por un gradiente de degradación notoria (gradiente 5 de la metodología).

Es un primer resultado interesante en la medida que el agave presenta una doble característica, por un lado, tiene un papel de producción para la industria de mezcal, y por el otro, tiene un papel en la restauración de suelos para mitigar los efectos de la erosión. Este último, ya que se piensa que el maguey es muy resistente a la erosión.

Los **resultados nos dicen que el maguey es resistente a la erosión hasta cierto grado de degradación**. Si la producción de maguey tiene una vocación económica y comercial, entonces, el problema de erosión con gradiente de degradación “notoria” o “muy alta” induce problemas de rentabilidad del maguey, por consiguiente, el productor de maguey va a tener un **costo “invisible” pero real en la producción de maguey**,

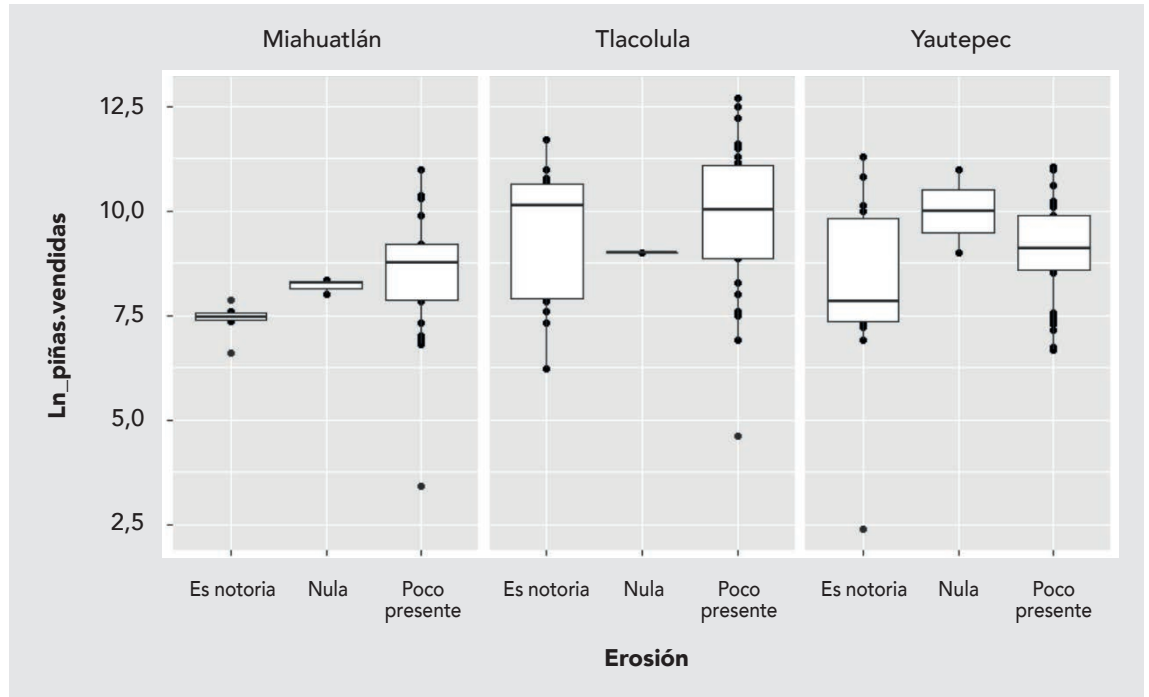
GRÁFICA 29

Impactos ambientales percibidos por los productores de agave par mezcal Fuente: Autores.



GRÁFICA 30

Impacto sobre la producción de maguey según gradientes de degradación de la erosión Fuente: Autores



lo que agudiza los problemas económicos y sociales. El costo de una erosión con un gradiente alto y muy alto puede bajar la producción de maguey en un 56%.

Si el maguey tiene vocación ambiental en estas zonas de fuerte degradación, entonces, **el productor se vuelve un proveedor de un servicio ambiental, y aunque no logre obtener la rentabilidad esperada para su cultivo, la sociedad puede tener cierta disponibilidad a pagar por mitigar los efectos de la erosión.** Cabe recordar que los costos asociados a la erosión por remoción de suelos y sedimentación pueden ser muy significativos (INEGI 2020, documento de trabajo). Este pago por servicio ambiental podría jugar un papel significativo en las pistas de acción del gobierno del estado de Oaxaca, así como para los actores privados de la cadena de valor.

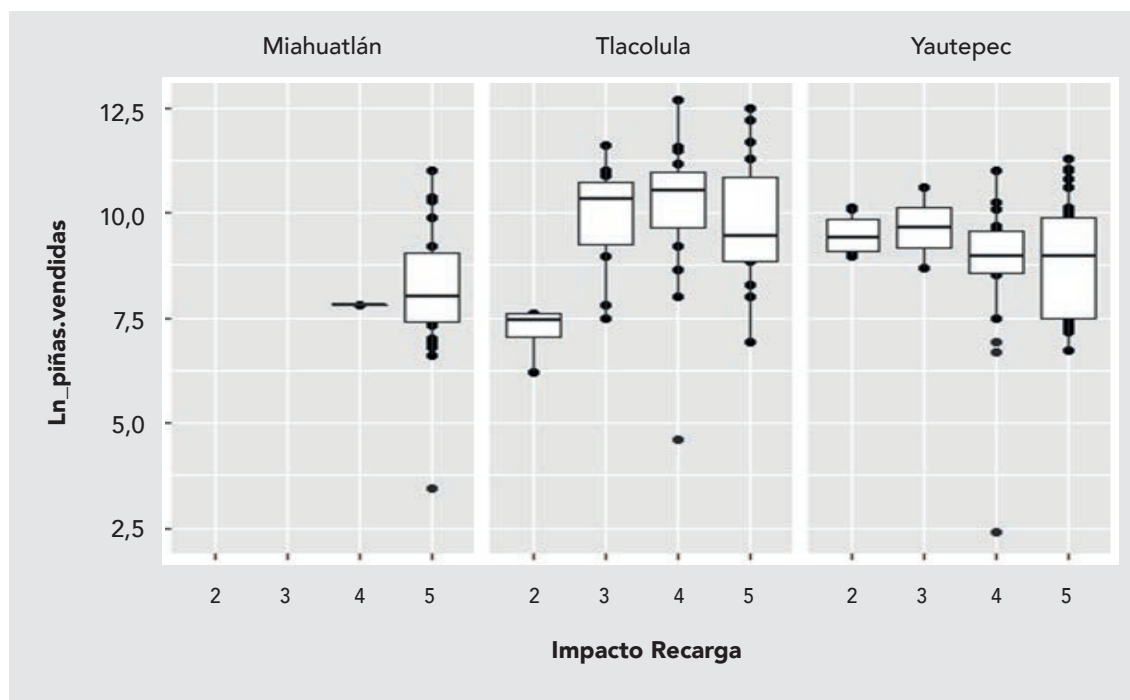
De la misma manera, se modelizó el efecto de la degradación de la fertilidad de suelos. Se observa que en suelos “no muy fértiles” – gradiente de degradación 4- la reducción sobre la producción podría ser del 83% en promedio (resultado análisis cartográfico y econométrico de las encuestas).

En cuanto a la variable RECARGA que mide la contribución de cada parcela a la recarga hídrica, los resultados muestran que la producción de maguey en Tlacolula comienza a tener un impacto negativo cuando la producción se encuentra en un gradiente de degradación de 5 (alta degradación) y en Yautepec el impacto negativo comienza en el nivel 4 (moderada degradación). Por Miahuatlán, los resultados no fueron significativos. Esta función es de particular importancia en temporada de mayor sequía al considerar un umbral mínimo de aporte al caudal contra el cual se mide el nivel de déficit de recarga local de los acuíferos en el punto de muestra.

Estos resultados no permitieron justificar el nivel de degradación de los servicios ecosistémicos asociados a la tierra en los escenarios. En efecto, la combinación de los efectos negativos de la degradación de los servicios ecosistémicos varía según el nivel de vulnerabilidad de cada distrito. Por tal motivo, **consideramos que el nivel que agrupa los gradientes con mayor impacto corresponde al nivel del 12,8% de nuestra propuesta metodológica. Este porcentaje será utilizado en la estimación del costo de la inacción o Business as Usual de nuestro escenario de referencia. Reducir el costo de 12,8%**

GRÁFICA 31

Impacto RECARGA en la producción de maguey según gradiente de degradación. Fuente: Autores



del valor de la producción representaría el beneficio potencial que se esperaría de una gestión sustentable de tierras.

Por otra parte, vemos la **importancia de estos efectos ambientales sobre la producción de maguey**, puesto que, en última instancia, **está afectando la materia prima, en cantidad y calidad, para la fabricación de mezcal**. Esta interdependencia lleva a un cierto nivel de **corresponsabilidad** sobre las prácticas agrícolas con criterios de sustentabilidad para asegurar un desarrollo de la industria del mezcal en el largo plazo. **Esta corresponsabilidad contrasta con la distribución del valor entre los diversos eslabones**. Mientras que se espera mucho de los productores primarios en la gestión sustentable del maguey, estos actores son aquellos que reciben una menor retribución del valor agregado de la cadena de valor.



Con base a estos análisis, varios mecanismos se trabajaron en el escenario de sustentabilidad: el precio Premium como resultado del reconocimiento de una producción sustentable y la compensación por el alza de los costos de producción debido a la adopción de prácticas agroecológicas.

04

Escenarios tendencia actual y de sustentabilidad de la industria Agave-Mezcal

4.1 La sostenibilidad: ¿cuál es nuestro enfoque?

Por sustentabilidad, se entienden las condiciones de crear “valor” en la producción de agave-mezcal, integrando medidas de gestión que mejoran las funciones, la resiliencia ecológica y la estabilidad de los servicios ecosistémicos del factor tierra. Se genera “valor” ya que los servicios ecosistémicos que están así preservados son proveedores de beneficios socioeconómicos y ambientales tanto en el presente como para la generación futura. Las medidas de gestión pueden estar orientadas hacia el mejoramiento agroecológico de los sistemas de producción (agricultura de conservación, agricultura biológica, o prácticas específicas para la protección de suelos); pueden también incluir arreglos agroforestales, restauración, rehabilitación (...); o, según el gradiente de degradación de la tierra, se pueden realizar trabajos de ingeniería ecológica (terrazas, muros de piedra, etc.); e inclusive se pueden tomar medidas reglamentarias para la planificación territorial (zonas de protección pura o que requieren planes de manejo). Es importante resaltar que el estudio ELD no busca abordar todas las dimensiones de la sustentabilidad que pueden intervenir en otras investigaciones.

Dentro del concepto de **sustentabilidad se incluye la dimensión espacial y temporal de los servicios ecosistémicos**. La dimensión espacial permite capturar información del lugar donde se suministra el servicio ecosistémico y el ámbito de percepción de los beneficios. Por ejemplo, en el caso del agave, el análisis cartográfico muestra que, para los mismos factores de degradación, el costo de la degradación se traduce de manera diferenciada según los distritos. Además, el análisis cartográfico permi-

te identificar las zonas de interés para la preservación de las especies de agave y el capital genético de estas especies; inclusive, se identifican zonas donde el agave puede contribuir, como medida vegetativa, a reducir los efectos de la erosión. Es así como se verán zonas con doble propósito: producción de agave y protección contra la erosión.

La dimensión temporal es de importancia, en particular, para la evaluación económica. Se observa una dicotomía entre el momento en que se realizan las medidas de gestión sustentable y los beneficios percibidos por los beneficiarios (agricultores, sociedad civil). La percepción de los beneficios cambia de una sociedad a otra. No es un dato tangible y, en ciertos casos, requiere ciertos análisis para medir la preferencia por obtener beneficios inmediatos, pero de corto plazo, o la preferencia por beneficios que solo se verán que en el mediano o largo plazo. El instrumento para establecer esta comparación es la **tasa de descuento** que, en nuestro estudio, toma dos valores de contraste: **el 4% que describe un nivel de preferencia por el mediano y largo plazo**; esa tasa es bastante utilizada para describir proyectos con fuerte característica de bien público. **El 10% que describe una situación de inversión** con preferencia por el presente, y se piensa que la tasa que se acerca al comportamiento del mercado de capital. En nuestro estudio, las proyecciones de buen manejo de tierras van hasta 2030. Este periodo cubre casi dos ciclos de cultivo de agave-mezcal, lo cual puede resultar insuficiente para revertir los efectos negativos de la degradación. Sin embargo, hemos establecido varios escenarios de sustentabilidad que permiten medir la intensidad de la inversión requerida para lograr beneficios tangibles para el agricultor, el Estado de Oaxaca y la sociedad en un espectro más amplio.

C U A D R O 8

Línea de base representando el número de ha por distritos de los gradientes de degradación para el conjunto de todos los servicios ecosistémicos.

Nivel de erosión	Nivel_1 (sin degradación)	Nivel_2 (baja degradación)	Nivel_3 (Moderada degradación)	Nivel_4 (Alta degradación)	Nivel_5 (Muy Alta degradación)
Miahuatlan	187 218	120 938	55 986	28 741	0
Tlacolula	89 838	171 237	49 034	15 182	0
Yautepec	158 243	282 285	11 386	8 389	15
Total (ha)	435 299	574 460	116 406	52 312	15

Diversas hipótesis de trabajo han sustentado los escenarios que mostramos a continuación. La primera es la **heterogeneidad del comportamiento de los productores de agave-mezcal entre los diferentes distritos**, varias veces mencionada en las secciones precedentes. Por tal motivo, los análisis económicos ACB (análisis costo-beneficio) se realizaron para cada distrito y por escenario. Una síntesis recoge la información para el conjunto de la cadena de valor agave-mezcal en los tres distritos.

La segunda hipótesis es la **interacción entre los diferentes factores de degradación de tierras**. La diferencia entre distritos se explica por la **vulnerabilidad de cada distrito frente a los riesgos ambientales** que resulta de la intensificación de los gradientes de degradación de tierras²⁴, lo cual resulta en una **pérdida económica**. Con base en el análisis cartográfico, se ha estimado el número de hectáreas sujetas a diferentes gradientes de degradación para cada distrito. En nuestros cálculos, la diferencia entre el escenario actual (business as usual) y el escenario de sustentabilidad depende de las medidas que permitan restaurar las funcionalidades ecológicas de los ecosistemas, y, por consiguiente, que permiten cambiar el gradiente de degradación hacia una mejor situación – por ejemplo, pasar de un nivel 4 a un nivel 3- (Cuadro 8).

En términos de **prácticas agrícolas de los productores de agave-mezcal**, la diferencia entre el escenario actual y el escenario de sustentabilidad tiene que ver con los cambios en las prácticas agrícolas, introduciendo innovaciones inspiradas de la agroecología y del cuidado de suelo.

En términos de **impacto sobre el sistema producto agave-mezcal a una escala espacial**, se evalúa la dinámica de evolución a nivel de paisaje gracias a prácticas agroforestales. Se ha hecho énfasis en el control de la erosión y la captura del carbono.

Finalmente, todos los precios y costos de nuestros análisis fueron corregidos para evitar el efecto precio (inflación) y permitir comparaciones en el tiempo. Para ello, se ha utilizado el **índice de precios al productor del agave tequilero**, siendo el más cercano del agave mezcalero, entre 2003-2019 (INEGI 2020). La proyección de este índice se realizó para los años 2020-2030.

Si bien el análisis costo-beneficio permite comparar varios escenarios; no da mayores luces sobre la distribución de beneficios a lo largo de la cadena de valor del agave-mezcal. Por este motivo, el capítulo “6+1” está enfocado a la decisión pública. Ahí, diversos instrumentos de política serán discutidos con el fin de repartir de forma equitativa el costo de la transición agroecológica y territorial.



²⁴ Los factores de degradación fueron caracterizados por unos gradientes de degradación, con base al análisis cartográfico, que fueron divididos en 5 niveles, donde el gradiente 1 (sin degradación) y el 5 (muy degradado).

GRÁFICA 32

Principales hipótesis de los diferentes escenarios tendenciales del agave-mezcal *Fuente: Autores*Escenario
BAU

Proyección a 2030 de los volúmenes y ganancias de los municipios productores de agave, con base a las tasas de crecimiento observadas entre 2003-2019

La proyección de los volúmenes de producción asumen que no hay incremento de las superficies cultivadas. Se observan en promedio 10% de pérdidas de producción por presencia de plagas y sequías.

Proyección a 2030 de los precios promedio observado entre 2003-2019 en precios constantes (corregidos IPP proyectado a 2030).

Los precios siguen la tendencia a la estagnación (ver grafica 7)

Prácticas agrícolas intensivas, usos de agroquímicos, poco cuidado del suelo (...)

Pérdida de patrimonio natural y genético y otros impactos ambientales

Altos costos de producción estimados según fuentes secundarias \$MEX 49 / piña de agave

Nivel de degradación de los servicios ecosistémicos de la tierra:

Bajo: 3.49%, Medio: 8.8%, Alto 12.8%

Escenario
SUSMAX

Incremento del volumen de producción de agave-mezcal (reducción de pérdidas de producción por presencia de plagas, gracias al acompañamiento técnico y diversificación de cultivos)

Proporción de 20% de agave no cosechado para el mantenimiento de la materia prima en cada ciclo de producción y mantenimiento del patrimonio genético y natural.

Reducción de costos de degradación que pasa del 12,8% al 0%. Esta reducción es posible en áreas con niveles de degradación 1,2 y 3 (ver cuadro 8).

Prácticas agrícolas inspiradas de la agroecología

Los pequeños productores que voluntariamente asumen estos cambios productivos en sus parcelas reciben:

1. Un precio Premium que valoriza la producción de agave con los criterios de sustentabilidad

2. Un mecanismo de compensación por el incremento de los costos de producción de la transición agroecológica cuando estos están por encima de \$MEX29 / piña de agave

Los precios deben ser certificados, así como el mezcal fabricado con el aprovisionamiento de las piñas de agave producidas con criterios de sustentabilidad, mediante un Biosello, de tal manera a valorizar en el mercado.

4.2 Escenario "Business as Usual" (BAU) o costo de la inacción

La simulación de la función de producción del agave-mezcal fue realizada con base en los datos de la producción de agave del InfoSIAP entre el periodo 2003-2019, y, por otro lado, en el resultado del análisis de las encuestas en las que se establece **la correlación entre la rentabilidad de las piñas y las diferentes combinaciones de los niveles de degradación** (erosión, recarga hídrica y fertilidad de suelos).

Para las proyecciones, se tuvo en cuenta la tasa de crecimiento del volumen y el valor de producción de cada uno de los municipios productores de mezcal de los distritos de nuestro estudio. La tasa de crecimiento del valor de la producción

fue estimada entre 2003 y 2019, lo que permitió proyectar los datos entre 2019 al 2030, y se modelizó el comportamiento productivo entre 2019-2030 (la regresión del modelo se encuentra en el documento técnico del estudio).

En los tres distritos de nuestro estudio, la producción agave-mezcal representó un valor de producción acumulado de \$MEX 740,549,551.57²⁵, lo que equivale a USD 37,470,330²⁶, entre los años 2003 y 2019. Sin embargo, el análisis de la tendencia del valor de la producción de los municipios de cada distrito entre 2003-2019 muestra una senda descendiente que afecta la senda de evolución entre 2020-2030 (Gráfica 33).

Varios factores pueden explicar esta tendencia. Si el valor de la producción disminuye es por-

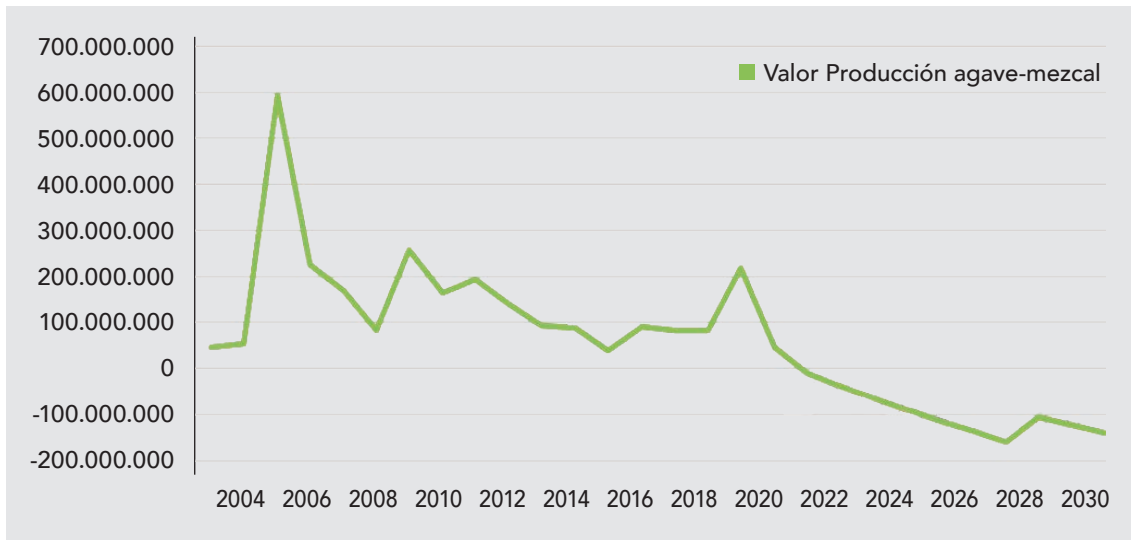
²⁵ Se tuvo en cuenta el valor promedio por distrito entre 2003 y 2019.

²⁶ Tasa de cambio: 1 USD= 20.8780 \$MEX (fecha del 1ero noviembre 2021). Esta tasa de cambio se conservará a lo largo de este estudio.

GRÁFICA 33

Evolución del valor de la producción del agave-mezcal (\$MEX constantes 2019=100)

Fuente: Construcción Autores con base INEGI



que el volumen de producción se ve afectado. Se modelizó el comportamiento productivo (volumen en toneladas) de los municipios productores, con el fin de proyectarlos entre 2020-2030. Los resultados muestran un volumen constante en los años de la proyección.

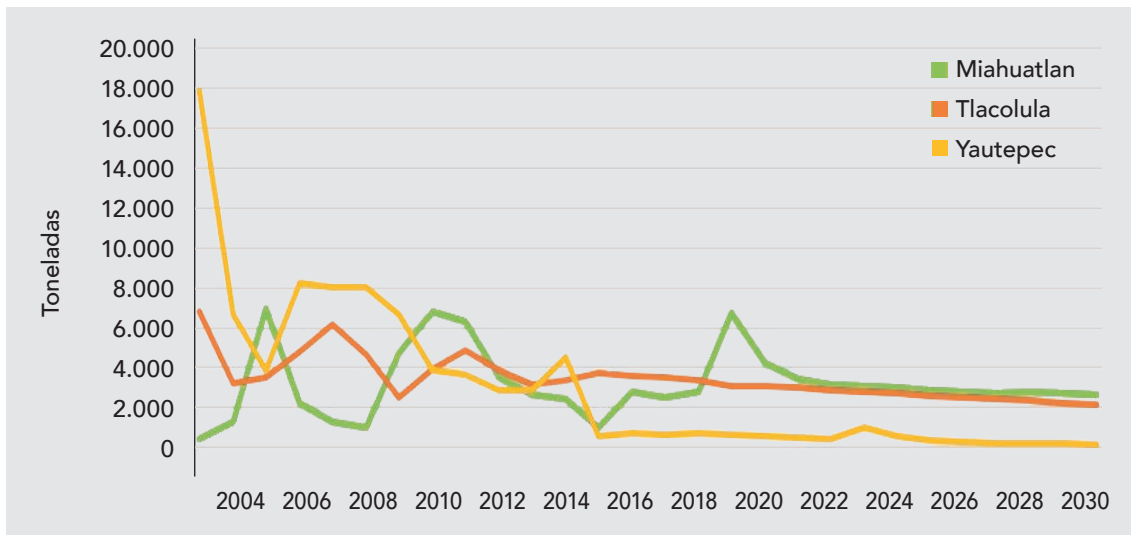
Otra explicación a la tendencia decreciente del valor de la producción es el precio de mercado (\$MEX/tonelada). Si el volumen de producción es constante en el periodo correspondiente a las proyecciones, entonces es el factor precio

que no logra mantener los mismos niveles de riqueza; y, por el contrario, se pensaría que hay una pérdida de poder adquisitivo para los productores de agave.

Nuestra hipótesis es que **detrás de la evolución del valor de la producción de agave-mezcal, son los precios del agave los que se ven afectados, y que, a su vez, estos precios se ven afectados por los niveles de degradación de los servicios ecosistémicos (impacto en la producción de agave - calidad y cantidad -para el mezcal).**

GRÁFICA 34

Evolución y proyección del volumen de producción por distrito Fuente: Autores



El costo de la inacción refleja una situación en la que ninguna acción es puesta en marcha para revertir las condiciones de degradación de la industria del agave-mezcal. El valor asociado a la degradación refleja el valor que los distritos de nuestra área de estudio han dejado de percibir debido a la presencia de factores de degradación de tierra durante este mismo periodo. Entre los años 2003-2019, **la pérdida de valor debido a la degradación de los servicios ecosistémicos en la zona de estudio fue en promedio para los tres distritos de \$413,012,479 Pesos Mexicanos (\$MEX constantes base=2019), lo que equivale a USD\$19,782,186.** Esto corresponde al valor que los distritos de nuestra área de estudio han dejado de percibir debido a la degradación de tierras durante este periodo. Yautepec presenta mayor vulnerabilidad ya que representa el 44% de esta pérdida contra 29% y 27% para Tlacolula y Miahuatlán respectivamente.

Si tomamos las proyecciones entre 2019-2030, el valor de la degradación de los servicios ecosistémicos de la tierra agrava la tendencia decreciente del valor de la producción de agave-mezcal. **Hemos hecho varias simulaciones del costo de la degradación de los servicios ecosistémicos según tres escenarios de degradación: 3.49%, 8.8% y 12.8%** (Gráfica 35).

Las simulaciones de la función de degradación “combinada” han tomado como referencia el ter-

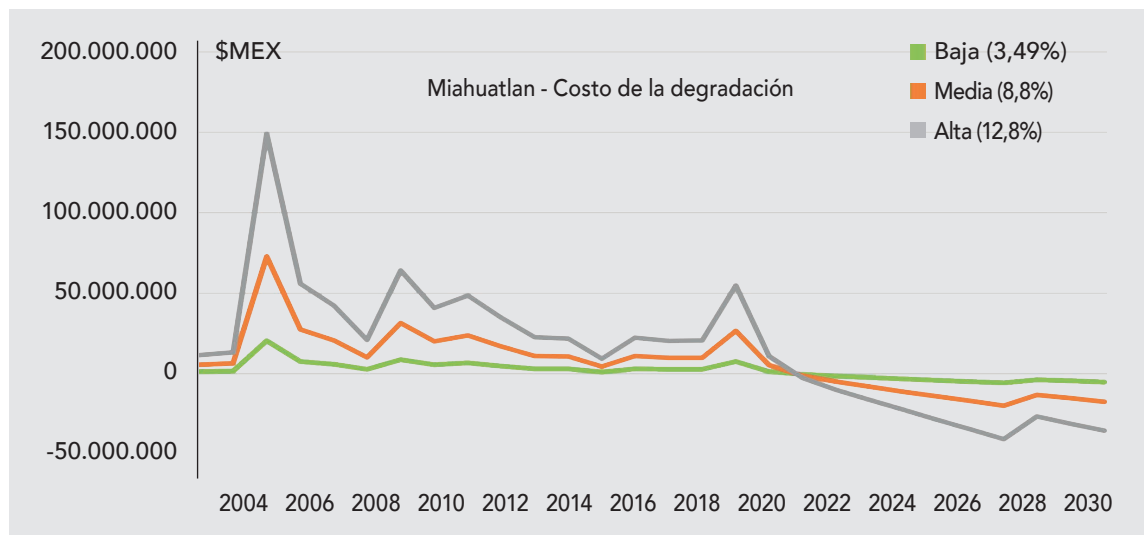
cer cuantil, el mismo que corresponde al valor del 75% de los niveles de degradación combinados entre sí, es decir, 12,8% del volumen total de producción. El segundo cuantil corresponde al 50% del valor de los niveles de degradación, es decir el 8,8% del volumen de producción, mientras que el primer cuantil corresponde al 25% del valor de los niveles de degradación, es decir 3,49% del volumen de producción.

Los valores observados entre 2020 hasta 2030, según el grado de degradación, reflejan potencialmente los beneficios que la economía del agave-mezcal podría obtener si se toman medidas de gestión sustentable de tierras. Los valores de nuestra proyección son en valores constantes (corrección de los precios ligados a la inflación). Si los valores de la producción son negativos esto significa que el valor (equivalente riqueza en \$MEX constantes) por un volumen de agave equivalente puesto en el mercado en 2019, será menor año tras año.

En otros términos, la tendencia es la pérdida de valor de la producción de agave en los próximos 12 años (en \$MEX constantes), lo que equivaldría a decir que los agricultores perderían en poder adquisitivo con la producción de agave. La degradación de tierras agrava la pérdida de valor y de riqueza para los productores de agave de los tres distritos. Las gráficas siguientes muestran la tendencia para Yautepec y Tlacolula.

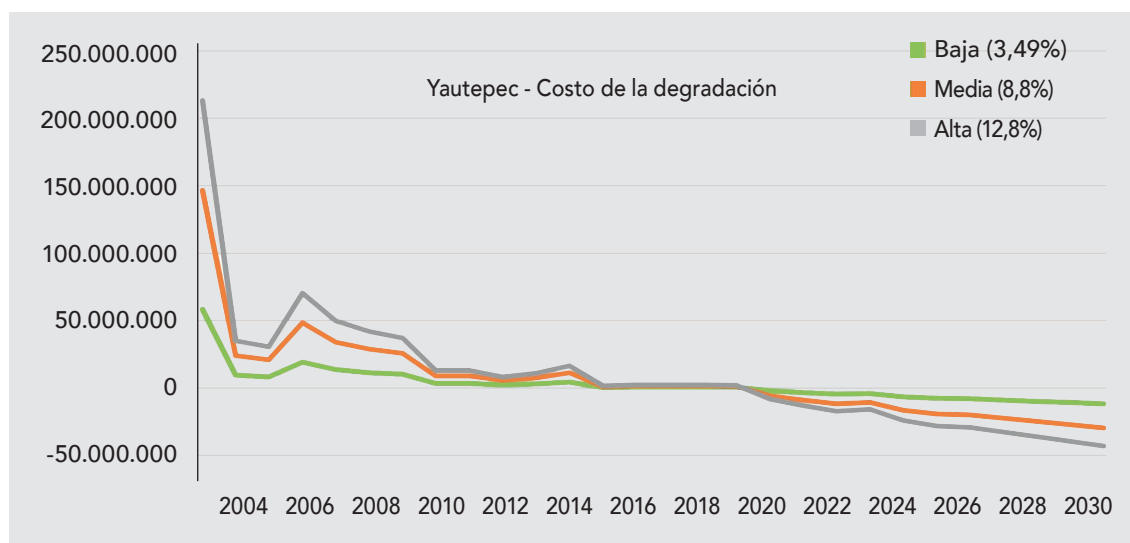
GRÁFICA 35

Valor estimado de los ingresos no percibidos por la presencia de diferentes escenarios de degradación de los servicios ecosistémicos de la tierra (\$MEX Constantes) Fuente: Autores



GRÁFICA 36

Costos de la degradación debido a la pérdida de servicios ecosistémicos en Yautepec (\$MEX constantes) Fuente: Autores



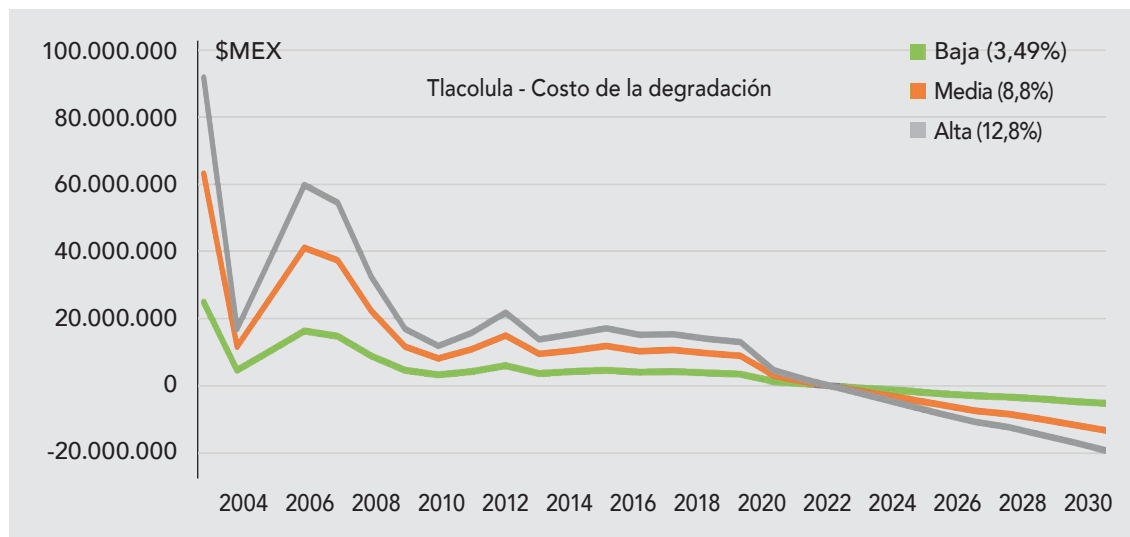
Fuera de los costos asociados a la degradación, hemos estimado también los **costos de producción asociados al ciclo del cultivo del agave**. Sin embargo, es preciso mencionar que las encuestas no dieron resultados suficientemente robustos para incorporarlos en nuestros análisis. Es por esta razón que hemos tomado las referencias existentes para la estimación de los costos de producción del ciclo de cultivo y maduración del agave (Santos 2017). Los costos de producción fueron estimados según la densidad

del cultivo de agave y el tipo de terreno. Hemos tomado como referencia el **costo promedio de \$MEX49 por piña** ya que corresponde a las condiciones de producción observadas en las encuestas, que muestran una densidad que varía entre 1200 y 1500 plantas por hectárea.

El conjunto de estos elementos fueron la base para la estimación de la incidencia sobre la rentabilidad de la producción de agave-mezcal de los análisis costo-beneficio del capítulo 5.

GRÁFICA 37

Costos de la degradación debido a la pérdida de servicios ecosistémicos en Tlacolula (\$MEX constantes) Fuente: Autores



4.3. Escenario de sustentabilidad máximo (SUSMAX)

4.3.1 Criterios de sustentabilidad dirigidos a la producción agave-mezcal

De acuerdo con nuestro enfoque de sustentabilidad, esta sección busca demostrar la ganancia neta si se favorecen las condiciones económicas e institucionales para la transición agroecológica de la cadena de valor agave-mezcal. El objetivo es doble: i) **lograr mejores condiciones para la obtención de una materia prima de calidad**, preservando el patrimonio genético y de reproducción de las especies de agave y reduciendo los impactos ambientales sobre los servicios ecosistémicos de los sistemas de producción y ii) **un mejor reconocimiento por parte del mercado de la cualidad ambiental de la producción agave-mezcal**, con base en un biosello y un precio Premium.

Dentro de las prácticas agroecológicas consideradas encontramos: 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; y por último pero no menos importante, la 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**.

Varios co-beneficios resultarían de estas medidas de transición. **Primero, se esperaría un efecto positivo sobre la seguridad alimentaria y de los ingresos de los hogares agrícolas**, permitiendo mejorar la rentabilidad y la inversión en la producción de agave-mezcal. **Segundo, aumentar la tasa de certificación tanto de las parcelas productoras como del mezcal**.

En este caso, los escenarios con criterios de sostenibilidad están dirigidos a la promoción de las prácticas agroecológicas del agave-mezcal, lo que corresponde a prácticas cercanas a

las prácticas tradicionales del agave-mezcal. Por ello, hemos tomado en cuenta los siguientes elementos:

- **Proporción de 20%²⁷ de plantas de agave que no se colectan** y que se dejan llegar a maduración, con el fin de mantener un capital natural en el largo plazo, teniendo en cuenta que esta proporción se sitúa entre 7-10% en la situación actual (resultado de las encuestas).
- Dentro de las prácticas agroecológicas, se propone **0% de agroquímicos, diversificación de cultivos** (sistemas en policultivo con productos de la milpa o forestales), **trabajo de protección de suelos** y colecta al cabo de 7 años de maduración (años en los cuales se obtiene el mayor rendimiento).
- **Costo de producción de “sustentabilidad” relativo al cultivo de agave**. El costo de base fue estimado teniendo en cuenta la mejor referencia existente (Santos 2017), es decir, un costo promedio por piña de **\$MEX 29 pesos mexicanos**. Hemos considerado este costo de base ya que correspondería a niveles de rentabilidad para una densidad de 2500 plantas/hectáreas. No se trata de incrementar la densidad de las plantaciones de agave, sino de simular el potencial del número de plantas que no se pierde dentro de este escenario.
- Este costo de base serviría a la estimación de un **incentivo compensatorio por los costos asociados a la transformación de los sistemas de producción de agave en producción agroecológicas**. Todo costo de producción por encima del \$MEX 29/piña sería financiado hasta el nivel de \$MEX 49 por piña (costo en el escenario BAU). En otros términos, si el agricultor ve sus costos ir más allá de esta referencia (\$MEX 29), el agricultor es compensado por el incremento de producción. Este costo (pesos mexicanos corrientes) fue corregido de las variaciones monetarias mediante el Índice de Precios del Productor (IPP) para el agave tequilero (INEGI 2020).
- **Incremento volumen de producción del cultivo de agave de 10%²⁸ hasta 2030**. Este se explica por el hecho de reducir las pérdidas en los volúmenes de producción por la presencia de plagas - la diversificación de cultivos y el acompañamiento técnico aportan resultados positivos para el manejo de plagas del cultivo de agave-mezcal.

²⁷ Es el porcentaje de magueyes maduros que se deben dejar para que formen flor y tiren semilla, garantizando así la conservación de los magueyes silvestres (Torres-García et al. 2018). Fuera de las especies silvestres, este porcentaje debería estar por encima de 10%.

²⁸ Se tomó el valor que corresponde al 4° cuartil de la curva de distribución de los volúmenes de producción de todos los municipios productores de agave, lo que corresponde al valor promedio de los 25% de los mejores niveles de producción de agave.

- **Reducción de los costos de degradación de los servicios ecosistémicos, que pasa del 12,8% al 0%.** Esta reducción interviene a partir de 2022, considerando que el trabajo agroecológico entre 2019-2022 pueden ayudar a mitigar los efectos a nivel de la parcela.
- **Pago de un precio Premium** a los agricultores de agave-mezcal que traduce una valoración de los factores de sustentabilidad incluidos en la producción de agave. Las piñas producidas bajo estos criterios estarían estampillados con un biosello²⁹ y una certificación³⁰ de parcelas que proceden a la transición agroecológica de sus cultivos. Este precio Premium puede ser un mejoramiento del valor de la materia prima para la elaboración del mezcal por parte de la cadena de valor. Hemos hecho varias simulaciones sobre cómo se comportaría el precio del agave-mezcal si se mejora la calidad y el sustento del volumen de producción en el tiempo.

Estos criterios que forman parte de nuestra modelización determinan el **escenario SUSMAX**, puesto que incluyen el conjunto de los municipios productores de agave-mezcal de los tres distritos de nuestro estudio. Como veremos en el último capítulo “6+1”, se trata de determinar el mejor escenario costo-efectivo para iniciar la senda de sustentabilidad.

En efecto, este escenario de sustentabilidad sostiene la idea que la transición agroecológica³¹

de los sistemas de producción de agave mezcal implica un costo adicional para el agricultor en el corto plazo. Si las ganancias son superiores a los costos de producción, entonces el agricultor no tendría dificultad en asumir este costo de la transición agroecológica. Sin embargo, como lo mostramos en este estudio, las ganancias generadas pierden de su valor adquisitivo puesto que el valor de estas ganancias, en términos reales, tienen una pendiente decreciente. Esta situación reduce la capacidad de inversión, en particular en las innovaciones agroecológicas.

Por otra parte, el precio Premium es un factor esencial para motivar el agricultor a generar cambios en sus sistemas productivos.

El precio del agave en el escenario actual (Business as Usual) no logra generar suficientes márgenes de beneficios para compensar los costos de producción.

El productor de agave, por consiguiente, desarrolla diversas estrategias para reducir estos costos: vender antes de la edad de maduración, rentar sus parcelas para cubrir los últimos años de maduración, o extraer la materia prima de los ecosistemas naturales sin ninguna forma de manejo.

El precio Premium es una forma de valoración por los servicios ambientales que genera el productor de agave. Mediante la adopción de prác-

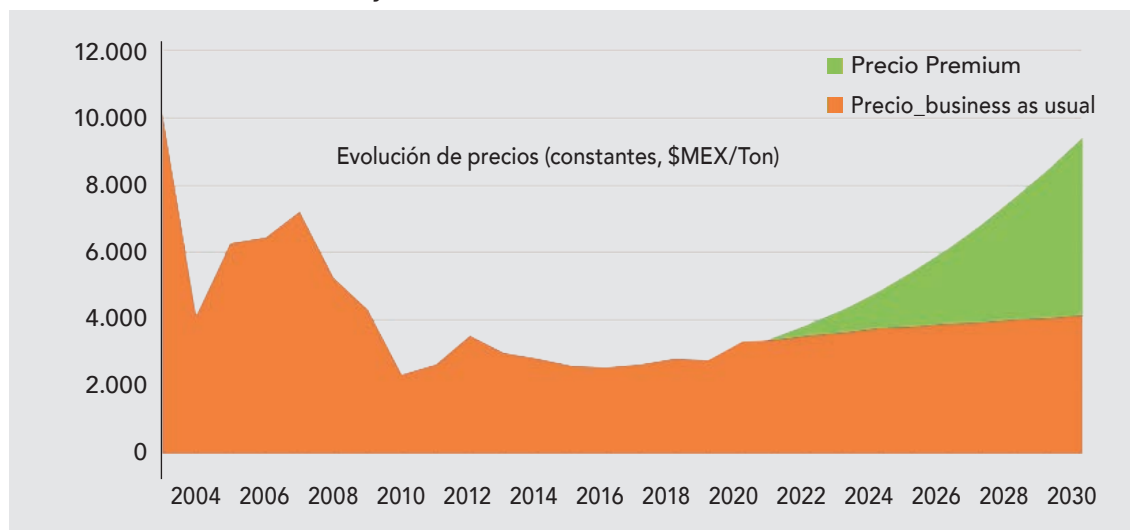
²⁹ El biosello es una marca de reconocimiento de un producto que señala al consumidor que las condiciones de producción obedecen a criterios de sustentabilidad. La GIZ ha trabajado en la formulación de esos criterios. En nuestro caso, solo hemos integrado algunos de esos criterios.

³⁰ La certificación es aquella mencionada dentro de la Denominación de Origen.

³¹ Se considera que ciertos costos de producción serían compensados por la reducción de los costos asociados a la compra de herbicidas o agroquímicos. Por tal motivo, el costo de base nos parece suficiente. Si los costos aumentan, el agricultor será compensado si demuestra prácticas sustentables.

GRÁFICA 38

Precio Premium versus Precio bajo escenario Business as Usual (contantes Base = 2019) Fuente: Autores



ticas agroecológicas, se reducen los costos de degradación asociados a la pérdida de servicios ecosistémicos. Por su parte, la reducción de costos de producción se traduce en costos evitados para la comunidad y para los agricultores en particular.

Hemos simulado el precio Premium con base al promedio de los mejores precios observados entre el periodo 2003-2019. Sin embargo, hay que anotar que lo que se busca es también responder a una demanda creciente por parte de los productores de agave por reconocerles un precio “justo” de sus piñas. El precio Premium, calculado mediante este modelo constituye, por así decirlo, un escenario de caso ideal con un precio que internaliza todas las externalidades de la producción agave-mezcalera.

Nota metodológica de las proyecciones del precio Premium.

Dos modelos de simulación fueron realizados. El primer modelo proyecta la evolución de precios sin cambio en la dinámica de evolución (tendencia lineal de precios entre 2003-2019). Es lo que corresponde al escenario Business as Usual.

El segundo modelo utilizó un modelo cuadrático que permitió capturar las mejores evoluciones de precios entre 2003 et 2019.

Cada proyección utilizó la evolución del IPP (Índice de Precios al Productor) para el agave-tequila que fueron proyectados adaptando el modelo ARIMA, utilizado para las proyecciones financieras.

La **diferencia entre el precio Premium y el precio de mercado es el monto de la remuneración que no está siendo reconocido** actualmente por el mercado y que debería otorgarse al productor en reconocimiento de una materia prima producida con criterios de sustentabilidad.

Como lo veremos en el capítulo “6+1 Acción: Recomendaciones” la cuestión de la distribución del valor en toda la cadena de valor tendrá que cuestionarse para saber quién asume y en qué momento, el incremento del precio de una producción de agave-mezcal sustentable.

4.3.2 Criterios con arreglos agroforestales y de restauración a la escala territorial

Una intervención en el territorio se debe de planear de acuerdo con las aptitudes agroclimáticas y sociales del terreno, y así determinar con mayor facilidad una gestión sostenible implementando buenas prácticas productivas a través de, la restauración productiva, reconversión productiva, restauración ecológica y conservación, con el fin de lograr un manejo integral y sostenible de los ecosistemas. Esta planificación a nivel del territorio está dirigida a:

- **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). En ellas se pueden establecer **agroforestales** con especies domesticadas y/o silvestres haciendo uso también de 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.

Estos arreglos agroforestales tendrían que realizarse en áreas con fuerte potencial para reducir la deforestación, mantener los ecosistemas naturales que son el hábitat natural de las especies silvestres de agave y de los polinizadores que aseguran la preservación del capital genético del agave. También, son áreas que, por los grados de degradación de los servicios ecosistémicos, el agave puede contribuir a la restauración de suelos y rehabilitar área de alta erosión.

Se esperaría que en estas zonas se implementen **planes de manejo asociados a estas áreas (acciones de sustentabilidad)**, cuyos criterios de sustentabilidad, permitirían a los **productores de agave ser tanto productor de agave como proveedor de servicios ecosistémicos**.

Dentro de los planes de manejo de estas áreas, se debe considerar:

- La promoción de **prácticas tradicionales de manejo de la extracción de especies silvestres** en áreas de vegetación secundaria o primaria.
- En los sistemas de monocultivo o de policultivo, se busca la **realización de reforestaciones periódicas** en áreas donde se han cosechado los adultos, o **incorporando especies arbóreas o arbustivas nativas**, entre las hileras de agave.
- Realizar brechas cortafuego en áreas que, por su cercanía a sitios agrícolas o pecuarios, co-

rran el riesgo de quemarse por incendios agropecuarios que se salgan de control.

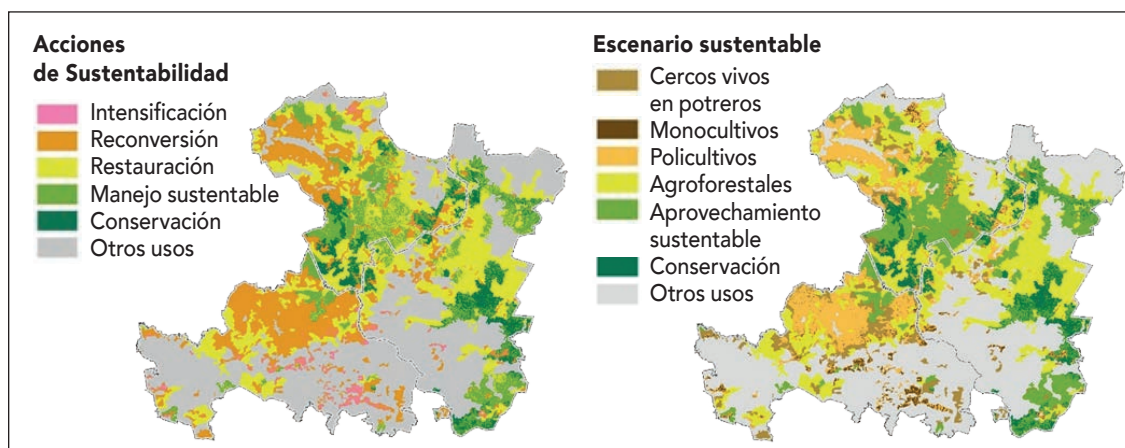
- Generar cercas vivas con el fin de impedir el pisoteo del ganado en ciertas áreas.
- Dejar que entre el 20% de los individuos de una zona madure, para permitir que haya producción de semillas³².
- Se debe de evitar en estas áreas el cambio de uso de suelo, así como la reducción de la cobertura forestal.
- Realizar siembras alternadas, para poder tener producción continua.
- Evitar el uso de agroquímicos. Preferentemente buscar recomendaciones de expertos para el uso de abonos orgánicos.
- Implementar trapeo de picudo³³, y eliminar plantas enfermas para evitar propagación.
- Se pueden emplear en laderas, surcos de agave perpendiculares a las pendientes para evitar la erosión del suelo.
- La asociación de cultivos permite una producción continua de bienes para las familias.
- Es necesario hacer deshierbes en la etapa de desarrollo, esto permite el incremento de las piñas y acortar periodos de crecimiento.
- Mantener cultivos anuales o acolchados para evitar que el suelo quede desnudo.
- Aprovechar los subproductos del agave (penas, por ejemplo, para alimento fermentado para ganado).

³² García Mendoza (UNAM, 2018) recomienda como una buena práctica a los productores de maguey que se deben de dejar entre el 10 y el 20% de plantas de maguey para que maduren, florezcan, se reproduzcan y dejen descendencia fértil por vía sexual, para la conservación y enriquecimiento genético de las especies de agave.

³³ Unos de los insectos-plaga más importantes en la actualidad es el picudo del maguey (*Scyphophorus acupunctatus*), y el escarabajo rinoceronte o torito (*Strategus aloes* L.). El trapeo del picudo del agave se puede realizar con feromonas y atrayentes para evitar el uso de insecticidas

GRÁFICA 39

Áreas para la transición agroecológica del sistema producto agave-mezcal en un escenario de sustentabilidad (INEGI 2014) Fuente: Autores





Para los agricultores de agave-mezcal que se encuentran en estas zonas sujetas a los planes de manejo, se consideraría que éstos **producen la materia prima para el mezcal y sustenta un servicio ambiental**. Estos servicios ambientales se asimilan como un bien común de interés para los planificadores y los actores de la cadena de valor. **Este doble rol del agricultor hace que sea elegible para “pagos por servicios ambientales” dentro de la cadena de valor**, que puede completar los mecanismos que presentamos en el capítulo “6+1 Acción: Recomendaciones”.

Los planes de manejo que se generarían permitirían, al igual que la propuesta precedente, obtener una valoración de la producción de agave, con el reconocimiento del biosello y la certificación de las parcelas dentro de la denominación de origen. Los agricultores aprovecharían los beneficios asociados al precio Premium y a un mecanismo compensatorio del incremento de costos por encima del \$MEX 29/ piña a través del mecanismo de pago por servicio ambiental.

Los beneficios que la implementación de los planes de manejo en estas zonas de priorización (ver Gráfica 39 – acciones de sostenibilidad en restauración), plantean restaurar los servicios ecosistémicos en zonas con fuerte grado de erosión, lo cual aporta un co-beneficio en términos de secuestro de carbono que hemos calculado en las 141,860 ha dentro de nuestra zona de estudio.

Es así como el capítulo siguiente se focaliza en los análisis costo-beneficio.

CUADRO 9

Acciones de sustentabilidad

Acciones de sustentabilidad	Has	%
N/A	472,904.2	39.39
Intensificación	20,067.1	1.67
Reconversión	205,927.1	17.15
Restauración	287,609.603	23.96
Manejo	151,492.841	12.62
Conservación	62,421.5	5.20

Análisis costo-beneficio de la producción agave-mezcal

Este capítulo es una de las últimas etapas del estudio ELD. El análisis costo-beneficio (ACB) hace parte de los indicadores de los tomadores de decisión para comparar diferentes alternativas, programas, proyectos, con el fin de escoger la opción que aporta mayor beneficio neto. En otros términos, el ACB permite comparar el retorno de inversión de cada una de las opciones. En nuestro caso, el estudio ELD permite medir el retorno de inversión socioeconómica y ambiental. La integración de los costos de la degradación de los servicios ecosistémicos y los beneficios del buen manejo de tierras cubre en parte los criterios de sustentabilidad de los escenarios de evolución.

En los ACB que presentamos a continuación se ha comparado dos escenarios principales: el primero es el Business as Usual (BAU) o escenario actual que describe una situación futura donde no se hace ningún cambio para preservar los servicios ecosistémicos del sector tierra. **Se trata del costo de la inacción.** Las hipótesis de este escenario fueron presentadas en el capítulo precedente, lo cual nos permite mostrar directamente los resultados.

El segundo escenario es el **escenario de sustentabilidad máximo (SUS MAX)**. Este escenario incluye todos los municipios productores de agave de los tres distritos de nuestra zona de estudio. Es el escenario máximo u optimista si se considera que este cubre el límite superior del volumen de producción posible con criterios de sostenibilidad; es el volumen de producción que sirve de comparación para los impactos económicos del ACB, cuando para los planes de manejo que se darían en zonas prioritarias para la restauración con manejos agave-forestales están basado en las hectáreas potenciales afectadas por la degradación de la tierra. Este

escenario representa los beneficios netos potenciales de una gestión sustentable de tierras. Las hipótesis y la racionalidad de este escenario fueron presentados en el capítulo precedente.

Cabe resaltar que **entre el escenario Business as Usual (BAU) y el escenario de sustentabilidad “máximo” (SUS MAX) existen muchas sendas de desarrollo del agave mezcal.** El escenario “máximo” puede ser considerado como óptimo en la medida en que se considera un costo de degradación de los servicios ecosistémicos cercanos a cero. Este escenario implicaría una **aceptación social fuerte** para realizar inversiones significativas por parte de los actores del estado y los actores de la cadena de valor. Los economistas consideran que para responder a la pregunta de la senda “más realista” se debe responder con el **análisis de la senda más costo-efectiva.** El análisis costo-efectividad, que completa el análisis costo-beneficio, no es corriente en los estudios ELD, pero representa otro instrumento útil para los tomadores de decisión.

Para efectos de nuestro análisis, sin llegar al análisis costo-efectividad, se propone algunos elementos de discusión en el capítulo siguiente “6+1 Acción: Recomendaciones”.

Este capítulo presenta en la primera sección el análisis ACB que corresponde a los beneficios a nivel de los productores agave-mezcal por la transformación de los sistemas productivos, en la segunda sección, el análisis presenta los beneficios de la de la captura de carbono en un contexto de priorización de la producción con doble vocación producción agave-restauración. Este capítulo termina con una síntesis del ACB teniendo en cuenta el costo de realización para lograr los objetivos de sustentabilidad.

5.1 Beneficios netos a nivel de los productores de agave-mezcal

Los beneficios netos que fueron estimados están relacionados con los ingresos generados por la producción de agave mezcal (volumen de producción multiplicado por el precio) al cual se restan los costos de producción asociados al cultivo del agave hasta el periodo de maduración y los costos relacionados con la degradación de los servicios ecosistémicos de la tierra.

Según las hipótesis del escenario BAU, la Gráfica 40 muestra en rojo las pérdidas acumuladas entre 2019-2030.

Estas pérdidas acumuladas pueden llegar hasta \$USD 163 millones de dólares³⁴. En promedio, la pérdida anual de \$USD 14 millones de dólares. Esto significa que se dejan de percibir el equivalente anual de \$USD 14 millones de dólares, lo que significa una pérdida de riqueza para el sector del agave-mezcal en los tres municipios.

El escenario de sustentabilidad máximo (SUS MAX) (Gráfica 41) presenta unos beneficios netos donde el cúmulo puede llegar a \$USD 85 millones de dólares y unos ingresos netos anuales de \$USD 7 millones de dólares.

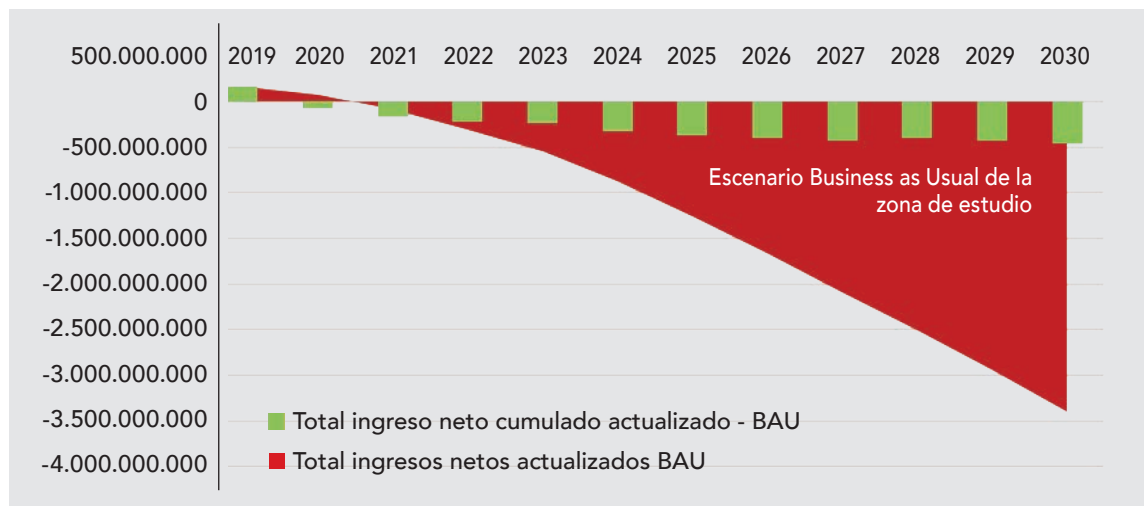
Cuando se compara por distrito los dos escenarios, se observa que Yautepec es el distrito que presenta los más altos costos de la inacción comparativamente a los dos otros distritos.

La relación beneficio/costo es un indicador para los tomadores de decisión que permite medir el retorno de inversión entre los dos escenarios. Así, por ejemplo, para Yautepec, en situación de BAU, este distrito pierde el equivalente de \$USD 10 por cada \$USD 1 invertido. Esta relación cambia en el escenario con criterios de sustentabilidad con una relación B/C de 3.12, lo que significa que hay un beneficio de \$USD 3.12 por cada \$USD 1 invertido (cuadro 10). Tlacolula es el distrito que presenta los mejores resultados en la relación B/C seguido de Miahuatlán.

Nuestro estudio analizó dos escenarios extremos que muestran los límites, inferior y superior, de la acción política e institucional para un sistema producto agave-mezcal sustentable. El escenario de sustentabilidad (SUS MAX) muestra el conjunto de beneficios sin costos de degradación de los servicios ecosistémicos asociados al factor tierra; es decir, el **escenario SUS MAX ofrece una visión del potencial económico del agave, cuyo desarrollo se basa en la capacidad de regenerar el capital natural – representado en los servicios ecosistémicos de la tierra – y la capacidad de mejorar notablemente las condiciones socioeconómicas de los productores artesanales y tradicionales del agave-mezcal**. El tiempo requerido para lograr el escenario de sustentabilidad depende de la capacidad de inversión pública y/o privada, de organización de los productores de agave – con parcelas menores a 6 hectáreas –, de movilización del conjunto de los actores de

GRÁFICA 40

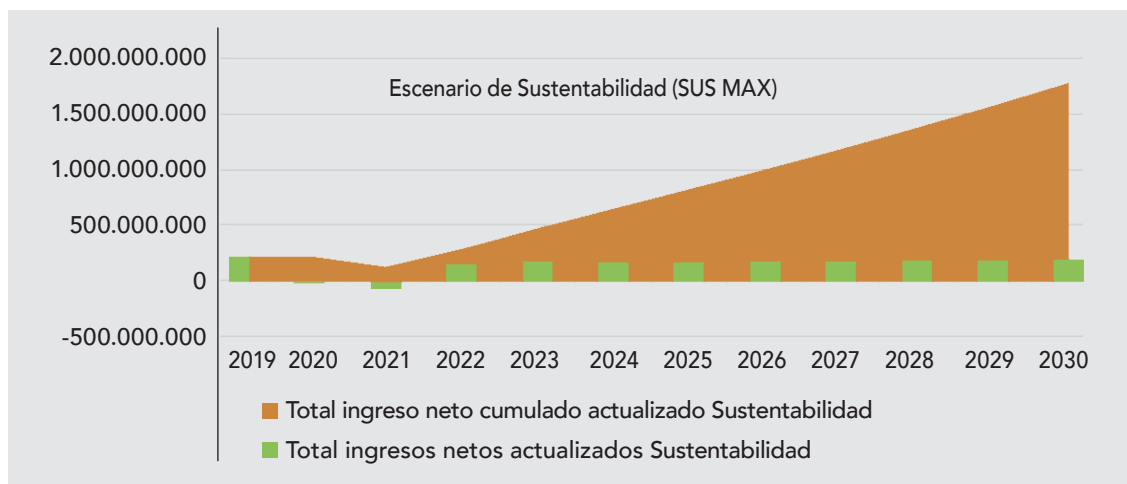
Escenario Business as Usual (\$MEX constantes, base 2019 = 100) Fuente: Autores



³⁴ Tasa de cambio: \$USD 1=\$ MEX 20,8780 (fecha del 1^{ero} de noviembre 2021)

GRÁFICA 41

Escenario con criterios de sustentabilidad (\$MEX constantes, base 2019=100) Fuente: Autores



la cadena de valor y de posicionamiento en el mercado de un mezcal con criterios de sustentabilidad.

Para pasar con éxito del escenario BAU al escenario con criterios de sustentabilidad (SUS MAX) se necesita tomar en cuenta ciertas condiciones políticas, institucionales y financieras. Dentro del marco de este estudio, se propone una fase de transición, caracterizado por un **programa de producción sostenible de agave para mezcal dirigido a los productores de agave tradicional o de pequeña escala - que poseen hasta 6 hectáreas -**, lo cual tendría como efecto, mantener la actividad productiva en el campo, ser viable económicamente y res-

ponsable ambientalmente. Las condiciones de implementación de este programa de producción sostenible de agave para mezcal se exponen en el capítulo siguiente (6+1 Acción).

5.2. Beneficios asociados a la captura de carbono

Además de los beneficios asociados al escenario de sustentabilidad a la escala del productor, se observa otros beneficios que están asociados a la puesta en marcha de los planes de manejo en zonas de fuerte erosión para una producción de agave con arreglos forestales. Tal es el caso de la captura de carbono.

De acuerdo con el análisis de la tendencia de

CUADRO 10

Comparación entre un escenario BAU y un escenario con criterios de sustentabilidad (IPP Base 2019=100; 1USD=\$20.8780 pesos mexicanos)

	Tasa de descuento	4%		
	Corrección precios	Índice del productor para el Agave Tequilero Base 100=2019		
	Variación entre escenarios Coeficiente de degradación de servicios ecosistémicos	12,8% et 0%		
	Distritos	Miahuatlán	Tlacolula	Yautepec
Escenario Business as Usual	Relación Beneficio/Costo	-0,92	-0,98	-10,07
Escenario Sustentabilidad	Relación Beneficio/Costo	6,24	6,97	3,12

los datos (pérdidas y ganancias de carbono), se identifica que en el territorio continuara la pérdida de carbono si no se realizan acciones que contrarresten este proceso. Bajo el análisis tendencia (valores promedio) 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.

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).

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 agave (agroforestales de maderables 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 de 30 a 60 toneladas de CO₂/ha);
- 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 puede llegar a un almacén de carbono de 102,922,369 al 2030, es decir, secuestrarían 4,031,247 toneladas de carbono por la realización de estas acciones de sustentabilidad, que en el mercado tendrían un valor de \$ USD 40,031,247 (\$USD 10 /Ton/C en el mercado voluntario de carbono).

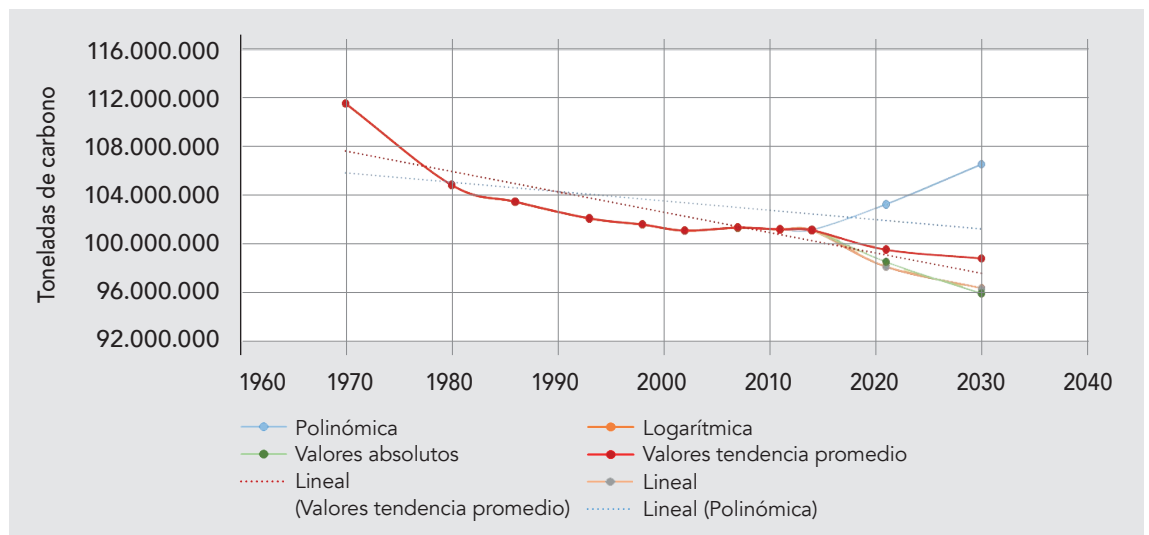
5.3 Síntesis del ACB

El estudio ELD propone un **programa de producción sostenible de agave para mezcal dirigido a los productores de agave tradicional o de pequeña escala - que poseen hasta 6 hectáreas.**

El objetivo principal de este programa es el mejoramiento de las condiciones ambientales de las parcelas de producción que a su vez tienen un efecto positivo en la producción de agave-mezcal y en el bienestar de los productores agrícolas. **Las condiciones ambientales solo pueden ser mejoradas con la inclusión de innovaciones**

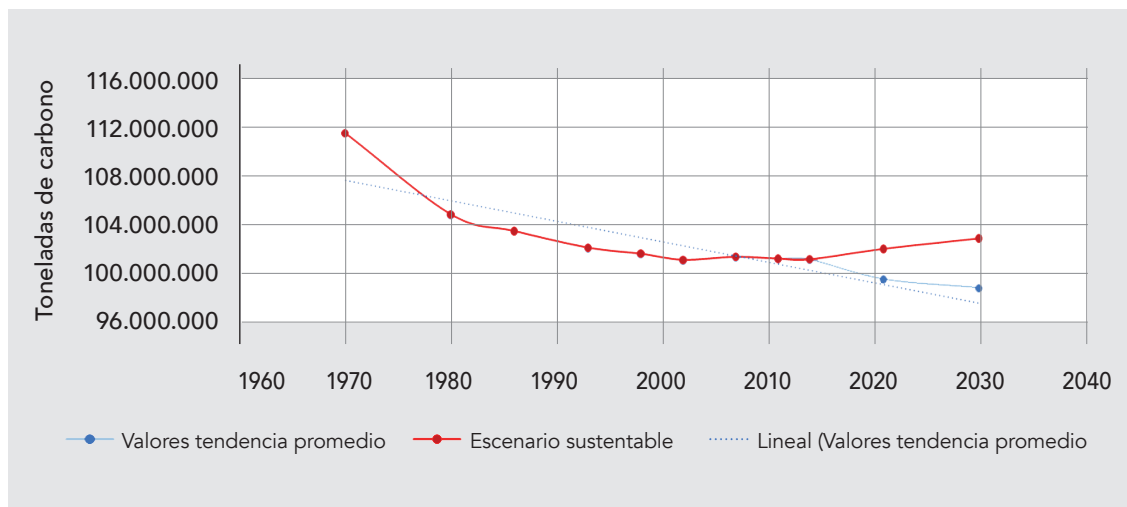
GRÁFICA 4 2

Proyecciones de la captura de carbono en los tres distritos de estudio Fuente: Autores



GRÁFICA 43

Escenario con criterio de sustentabilidad para la captura de carbono Fuente: Autores



agroecológicas en los sistemas de producción agave-mezcal, de tal manera, que la parcela y la producción estarían certificadas ante el COMERCAM. La certificación cualificaría la producción de agave según ciertos criterios de sustentabilidad, expuestos en las secciones precedentes. Como consecuencia, se puede esperar una incidencia positiva sobre la calidad del mezcal y un mejor posicionamiento en el mercado nacional e internacional.

En resumen, el programa propone, a la escala del productor, un paquete de incentivos económicos, y a la escala del paisaje, una serie de manejos forestales que impulsan la restauración en áreas prioritarias.

El paquete de incentivos podría incluir el pago de un precio Premium y un mecanismo de compensación por los costos de transición agroecológica.

El precio Premium permite pasar progresivamente de una situación no-sustentable a una situación sustentable. **El precio Premium permitiría restablecer las condiciones de mercado, mejorando la distribución del valor del agave-mezcal en favor de los productores primarios.** Se trata del precio considerado por parte de los productores como "justo" ya que toma en cuenta el valor de las buenas prácticas en la gestión sustentable de tierras y que internaliza las externalidades de la actual producción agave-mezcalera. El valor de la ganancia

adicional se obtiene multiplicando este precio Premium al volumen de producción de agave proyectado a 2030³⁵. El precio Premium tendría que ser pagado por los eslabones superiores de la cadena de valor (palenqueros y productores de mezcal, envasadores, y comercializadores)

Nota metodológica de las proyecciones del precio Premium.

Dos modelos de simulación fueron realizados. El primer modelo proyecta la evolución de precios sin cambio en la dinámica de evolución (tendencia lineal de precios entre 2003-2019). Es lo que corresponde al escenario Business as Usual.

El segundo modelo utilizó un modelo cuadrático que permitió capturar las mejores evoluciones de precios entre 2003 et 2019.

Cada proyección utilizó la evolución del IPP (Índice de Precios al Productor) para el agave-tequila que fueron proyectados adaptando el modelo ARIMA, utilizado para las proyecciones financieras.

La **diferencia entre el precio Premium y el precio de mercado es el monto de la remuneración que no está siendo** reconocido actualmente por el mercado y que debería otorgarse al productor en reconocimiento de una materia prima producida con criterios de sustentabilidad.

³⁵ El documento técnico incluye el detalle de todos los cálculos.

ya que, en última instancia, este incremento del precio del mezcal sería pagado por el consumidor final del mercado nacional e internacional. Teniendo en cuenta **que se requiere un tiempo de adaptación del consumidor para un mezcal fabricado con criterios de sustentabilidad**, se propone una inversión por parte de las entidades públicas estatales, nacionales y/o cooperación internacional. Mediante el modelo de simulación de la mejor evolución de precios al 2030 (recuadro Nota Metodológica), aplicado a la estimación del incremento del volumen de producción gracias a las buenas prácticas agrícolas, se estima que el potencial económico máximo de un precio Premium en un ciclo de transición de 8 años sería de \$15,800,164 USD, valor que considera todas las externalidades estimadas en este estudio.

El **mecanismo de compensación por los costos de transición agroecológica** permite reducir los costos de producción durante el periodo de transformación agroecológica de los sistemas de producción de agave-mezcal de los productores tradicionales y de pequeña escala. Por tal motivo, se generó un costo de base, estimado a \$MEX 29 por piña, a partir del cual se compensaría el costo por encima de este umbral hasta \$MEX 49 por piña. Por encima de \$MEX 49 por piña se considera que la producción no tiene vocación a ser rentable (referirse a los criterios de los escenarios de sustentabilidad). Este mecanismo de compensación – que puede asimilarse a un subsidio - fue estimado en \$3,626,865 USD entre 2022 y 2030 (un ciclo de 7-8 años), pero basado en el volumen total de la producción del sector, así que un programa direccionado solamente a pequeños productores involucraría una inversión menor.

Cabe anotar que estas **condiciones económicas se adaptan perfectamente al tipo de agricultor tradicional que posee hasta 6 hectáreas para la producción de agave-mezcal**, lo cual tendría como efecto, mantener la actividad productiva en el campo, siendo viable económicamente y responsable ambientalmente.

Los **dos incentivos son necesarios y se complementan mutuamente en dos momentos diferentes del periodo de transición**. El precio Premium interviene únicamente en el momento de la venta de piñas, cuando el costo compensa-

Nota explicativa de los cálculos de costos del paquete de incentivos para la producción de agave mezcal con criterios de sustentabilidad

Costo de la política de sustento del mercado (precio Premium): El costo representa la diferencia entre el precio del mercado y el precio Premium de la tonelada de piña. En promedio esto representa un costo adicional del 68% hasta 2030, con variaciones entre el 10% y el 20% anuales por encima del precio de mercado proyectado (estimación en pesos mexicanos-\$MEX)

Costo de la compensación a la transición agroecológica: Se estimó la diferencia entre el costo unitario de producción de piña identificado en el estudio, es decir la diferencia entre \$49-\$29 pesos mexicanos. Los costos unitarios fueron estimados según la densidad del cultivo de agave y el tipo de terreno. Este rango de valores corresponde a los rangos observados en la zona de estudio. Fuera de este rango se considera que la actividad es poco viable económicamente.

Estos costos fueron multiplicados por los volúmenes de producción anuales esperados (toneladas de piñas entre 2022-2030), ajustados al número de piñas) que supone un incremento anual de 10% de los volúmenes de producción (hipótesis de trabajo).

torio interviene en los primeros años de cultivo y donde se requiere la mayor inversión.

El costo total de este programa se evaluó en \$USD 19,427,029 entre 2022 y 2030 (un ciclo de 7-8 años). La relación Beneficio-Costo es de 6.15; es decir que por cada \$USD 1 invertido se esperaría \$USD 6.15 de beneficios.

Como resultado de las secciones precedentes, se obtiene el siguiente resultado.

C U A D R O 1 1

Síntesis del análisis Costo-Beneficio Fuente: Autores

r=4%; en USD constantes.

Ganancias: Transformación de los sistemas productivos	Valor Presente acumulado
Ingresos netos por venta de Agave-Mezcal	84 809 941
Beneficio por captura de carbono con arreglos agroforestales*	34 582 730
Total Beneficios	119 392 671
Costos	
Política precios sustentables por volumen producido (precio Premium)	15 800 164
Compensación/subsidios a agroecología por volumen producido	3,626,865
Total costos	19,427,029
Relación B/C	6.15



06

6+1 Acción:
Recomendaciones

Nuestro estudio analizó dos escenarios extremos que muestran los límites, inferior y superior, de la acción política e institucional para un sistema producto agave-mezcal sustentable. Entre el escenario Business as Usual (BAU) y el escenario de sustentabilidad (SUS MAX) existen muchas



sendas de desarrollo del agave mezcal. El escenario (SUS MAX) ofrece una visión del potencial del agave, cuyo desarrollo se basa sobre la capacidad de regenerar el capital natural – representado en los servicios ecosistémicos de la tierra – y la capacidad de mejorar notoriamente las condiciones socioeconómicas de los productores artesanales y tradicionales del agave-mezcal.

Pasar con éxito del escenario BAU al escenario con criterios de sustentabilidad (SUS MAX) necesita tomar en cuenta ciertas condiciones políticas, institucionales y financieras. Dentro del marco de este estudio, se propone **un programa de producción sostenible de agave para mezcal cuyos beneficiarios serían los productores tradicionales de pequeña escala - que poseen hasta 6 hectáreas -**, lo cual tendría como efecto, mantener la actividad productiva en el campo, viable económicamente y responsable ambientalmente.

La senda que el Estado de Oaxaca debería tomar depende mucho de la **aceptación social y política** para realizar inversiones significativas por parte de los actores del estado y los actores de la cadena de valor. Las inversiones pueden ser tanto económicas, como lo estudiamos en este estudio, así como institucionales.

Establecimiento de un paquete de incentivos para el fomento de la producción agave-mezcal con criterios de sustentabilidad para productores tradicionales y pequeños productores que demuestren la transición agroecológica de sus sistemas de producción.

Este estudio propone que todo productor artesanal y tradicional – generalmente con superficie de cultivo de maguey inferior a 6 ha – pueda acceder a un programa de “producción con criterios de sustentabilidad”. El productor se compromete

te a producir en condiciones de sustentabilidad y a certificar tanto la parcela como la producción de agave. En contrapartida, el productor obtiene un paquete de incentivos por el agave-mezcal producido, compuesto por un **precio-Premium y un mecanismo compensatorio por los costos asociados a la transición agroecológica**. Los **dos incentivos son necesarios y se complementan mutuamente en dos momentos diferentes del periodo de transición**. El precio Premium se paga a la venta de las piñas, en cuanto al costo compensatorio, éste interviene en los primeros años de cultivo, y es cuando, además, se requiere la mayor inversión.

La certificación puede corresponder al requerimiento de certificación de la norma de denominación de origen ante el COMERCAM, si éste último acepta los criterios de sustentabilidad propuestos, lo que racionaliza la gestión administrativa del productor y la trazabilidad del producto en la cadena de valor y el COMERCAM. En caso contrario, un biosello, actualmente en estudio a nivel federal, puede acompañar la certificación solicitada por la norma.

En los dos casos, se mejora los mecanismos de trazabilidad y de seguimiento de la producción de agave. Fuera del factor técnico relacionado con el nivel del precio Premium – nuestro estudio hace una propuesta hasta 2030 – lo que interesa es el vehículo para el pago de este precio Premium y de quién paga por este incremento del precio.

Dentro de la misma lógica que para el precio Premium, la transición agroecológica tiene un costo a largo plazo. El incremento de estos costos de producción sería compensado por un **subsidio a la transición agroecológica** que permitiera al cabo de algunos ciclos de producción experimentar una rentabilidad suficiente de la producción del agave-mezcal y mejorar las condiciones de vida de los hogares productores de agave.

Adoptando prácticas agroecológicas en la producción de agave, el productor suministra una materia prima de calidad para la industria de mezcal y también suministra servicios ambientales al estado de Oaxaca debido a la reducción de impactos sobre los servicios ecosistémicos. El productor tiene así una doble función: agrícola y ambiental. Esta doble función beneficia a diferentes niveles los actores económicos (pro-

ductor de mezcal, envasador, comercializadora, etc.) e institucionales quienes pueden aceptar de contribuir financieramente a la producción sustentable del agave-mezcal.

El análisis podría llevar a la construcción de un **pago por servicio ambiental para la producción sustentable del agave para mezcal**. Debido al carácter novedoso para el agave-mezcal, se esperaría una asociación pública-privada (public-private partnership), incluyendo la cooperación internacional.

Si los agricultores suministran un servicio ambiental que tiene un carácter de bien público o común, entonces este precio Premium podría asimilarse como un **mecanismo de financiación directo o subsidio** por parte de las autoridades dirigido a aquellos palenqueros que compran el agave con criterios de sustentabilidad. Esto significa una inversión por parte de las autoridades públicas del Estado de Oaxaca para separar este costo dentro de los planes de inversión. La experimentación sobre un territorio específico podría interesar a otros actores a nivel del Estado Federal con otros mecanismos de financiación a nivel nacional, tal como los que está desarrollando BIOFIN.

Inversión pública para la sustentabilidad de la producción agave-mezcal según las áreas prioritarias identificada a la escala territorial.

Los cálculos anteriores del paquete de incentivos se basaron sobre las proyecciones en términos de volumen de producción de agave estimados. Sin embargo, las entidades públicas pueden orientar sus acciones según las áreas prioritarias de acción tal como se preconiza a la escala territorial.

En este caso, según las áreas y el plan de manejo asociado, se puede estimar el número de productores que se beneficiarían del mismo paquete de incentivos en contrapartida del respeto de los planes de manejo. El nuevo cálculo requiere tanto el número de productores como las hectáreas que serían parte de esta iniciativa de sustentabilidad. Dicha información no estaba disponible al momento del cierre de este estudio

Fortalecer la capacitación técnica y agronómica de los productores de agave-mezcal con criterios de sustentabilidad.

La asistencia técnica es una de las prioridades y una expectativa de los productores de agave-mezcal que participaron a nuestro estudio. Esto requiere una orientación reforzada de la formación a formadores en agroecología para el agave-mezcal con el fin de acompañar los productores artesanales y tradicionales en la transición agroecológica y en la obtención del biosello o la certificación que acompaña esta política general de producción sustentable del agave-mezcal. Se pueden fijar objetivos de formación dentro de los productores de agave en cada distrito y revisar el presupuesto necesario para el fortalecimiento de capacidades.

La capacitación constante es indispensable para poder reducir pérdidas de producción e incrementar los rendimientos (preparación de insumos, manejo de plagas, manejo y reutilización de residuos, etc.), además de la implementación de tecnologías que permitan reducir costos, disminuir impactos ambientales e incrementar rendimientos es importante. Para ello se debe de tener acercamiento constante con centros de investigación, y se deben de tener mecanismos financieros para que grupos de productores puedan acceder a dicha tecnología.

La implementación de tecnologías es determinante en la clasificación del mezcal de acuerdo con la normatividad, sin embargo, es necesario realizar o buscar adaptaciones que permitan continuar con las distinciones de mezcales, protegiendo al pequeño productor ancestral o artesanal, y que les brinden las mismas oportunidades para poder reducir impactos o incrementar rendimientos, sin perder procesos tradicionales esenciales.

Contar con un sistema de información y de indicadores para el seguimiento del sistema producto de agave-mezcal

Se propone contar con un plan de consolidación de un sistema de información con indicadores y herramientas de monitoreo, que permita la evaluación periódica de los programas y acciones destinadas a la cadena de valor y a los ecosistemas que la conforman. Dada la naturaleza del cultivo del agave y la producción del mezcal y su importancia para el Estado, este plan debe de ser motivado por la realidad social, cultural, productiva y comercial de la cadena, y no por periodos o metas gubernamentales.

Se debe de contar con información base integral, actualizada y vinculada con las instituciones y dependencias que repercuten en la cadena:

- Censos detallados de productores de agave y viveros.
- Censos detallados de áreas de cultivo y número de plantas de agave (sembradas-cosechadas-rutas de venta-ubicación-condición).
- Planes de manejo de aprovechamiento de agave silvestres.
- Censos detallados de palenques y marcas de mezcal.
- Censos detallados de comercializadoras y envasadoras de mezcal.
- Censos detallados de proveedores de leña.

El fortalecimiento de este sistema de información debe involucrar a productores de agave y mezcal, así como otros eslabones de la cadena como son comercializadores y envasadores, la academia, diferentes órdenes de gobierno y la sociedad civil.

Fortalecimiento de la comunicación y capacitación asociada a la normatividad

Se propone capacitar a los productores sobre la normatividad vigente vía un programa de formación de formadores donde participarían las asociaciones de la sociedad civil, instituciones académicas y gubernamentales que puedan involucrarse activamente.

La certificación debe de plantearse de manera diferencial, debe de ser accesible para todos los productores, se deben de establecer organismos certificadores por distrito, de tal forma que sea un proceso administrativo viable y se puedan apreciar su importancia para incrementar el valor de su producción.

El agave se está empleando como una especie importante para la restauración de suelos erosionados no aptos para la agricultura y en áreas secas, además que tiene la capacidad de capturar grandes cantidades de carbono y biomasa. Aunado a esto pueden ser empleados en diversas formas, lo que lo hace una especie importante para iniciar procesos de restauración ecológica de áreas erosionadas.

Lista de insumos del documento técnico

1. Localización geográfica de la muestra representativa de las encuestas
2. Resumen del análisis estadístico de las encuestas
3. Modelo económico y análisis econométrico para la estimación de la función de degradación y la función de producción del agave-mezcal
4. Test de rentabilidad por tipo de productor
5. Regresión de la evolución del valor de la producción agave-mezcal según los municipios
6. Modelo de regresión de la combinación de factores de degradación de tierras
7. Resultados estadísticos de las variables relativas al mercado del agave-mezcal
8. Proyección entre 2019-2030 del volumen de producción de los distritos
9. Proyección de los precios y precio Premium del agave-mezcal
10. Modelo estimación del costo asociado a pago del precio Premium
11. Modelo estimación del costo asociado el sistema de compensación por la transición agroecológica



Bibliografía

- Adhikari Bhim & Nadella Karthik. 2011. Ecological economics of soil erosion: a review of the current state of knowledge in "Ecological Economics Reviews." Robert Costanza, Karin Limburg & Ida Kubiszewski, Eds. Ann. N.Y. Acad. Sci. 1219: 134–152.
- Alfsen K., M. De Franco, S. Glomsrod, T. Johnsen. 1996. The cost of soil erosion in Nicaragua. *Ecological Economics* 16 (2):129-145.
- Ávalos, H.C., López, C.A., & Martínez-Trinidad, S. 2011. ¿Cuánto nos cuesta la erosión de suelos? Aproximación a una valoración económica de la pérdida de suelos agrícolas en México.
- Bautista J.A y Smit M. (2012). "Sustentabilidad y agricultura en la "región del mezcal" de Oaxaca
- Bautista J.A, Anahit Antonio-Jose A, José León-Nuñez M. (2017). EFECTOS SOCIOECONÓMICOS Y AMBIENTALES DE LA SOBREPDUCCIÓN DE MAGUEY MEZCALERO EN LA REGIÓN DEL MEZCAL DE OAXACA, MÉXICO
- Biles JJ. & Pigozzi B.W. 2000. The interaction of economic reforms, socio-economic structure and agriculture in Mexico.
- Biles JJ. and Pigozzi B.W. (2000). The interaction of economic reforms, socio-economic structure and agriculture in Mexico.
- Bojó, J. 1996. The Costs of Land Degradation in Sub-Saharan Africa. *Ecological Economics* 16(2): 161-74
- Calzada, G., Quizanos, F., & Aguirre, A.M., (2015). Municipal government of Queretaro. New York: Global Compact Cities Programme (UN).
- Campbell, L. B. Land degradation in Mexico: its extent and impact, p.9.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y SEMAEDESO (Secretaría de Medio Ambiente, Energías y Desarrollo Sustentable). 2018. Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Oaxaca (ECUS-BEO). CONABIO, México. <https://www.cbd.int/doc/nbsap/sbsap/mx-sbsap-oaxaca-es.pdf>
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2010. *ÍNDICE DE MARGINACIÓN POR LOCALIDAD* 2010.
- COPLADE (Coordinación General del Comité Estatal de Planeación para el Desarrollo de Oaxaca) (2016). Diagnóstico de la cadena de valor mezcal en las regiones de Oaxaca. Oaxaca: COPLADE. Disponible en <http://www.coplade.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/2017/04/Perfiles/AnexosPerfiles/6.%20CV%20MEZCAL.pdf>.
- Cotler H, Sotelo E., Dominguez J., Zorrilla M., Cortina S y Quiñones L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público.
- Cotler H. y Martínez S. (2010). An Assessment of Soil Erosion Costs in Mexico
- Dilley. (1993) Climate change and agricultural transformation in the Oaxaca Valley, Mexico
- Eguiarte L E, V Souza (2007) Historia natural del Agave y sus parientes: Evolución y ecología. In: En lo Ancestral hay Futuro: del Tequila, los Mezcales y otros Agaves. P Colunga-GarcíaMarín, L Eguiarte, A Larqué, D Zizumbo-Villarreal (eds). CICY-CONACYT-CONABIO-SEMARNAT-INE. México D.F. pp:3-21.
- ELD Initiative & UNEP. 2015. The Economics of Land Degradation in Africa: Benefits of Action Outweigh the Costs. Available from www.eld-initiative.org.
- Ellis, E.A., Romero Montero, J.A., Hernández Gómez, I.U., Anta-Fonseca, S. & López, Paniagua, J.E. .2016. Determinantes de deforestación en el estado de Oaxaca. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), The Nature Conservancy (TNC), Alianza México REDD+, México, Distrito Federal.
- Erkossa, Teklu; Wudneh, A.; Desalegn, B.; Taye, G. 2015. Linking soil erosion to on-site financial cost: lessons from watersheds in the Blue Nile Basin. *Solid Earth*, 6:765-774. doi: <http://dx.doi.org/10.5194/se-6-765-2015>
- García-Mendoza, A. J., I. S. Franco Martínez y D. Sandoval Gutiérrez. 2019. Cuatro especies nuevas de Agave (Asparagaceae, Agavoideae) del sur de México. *Acta Botanica Mexicana* 126: e1461. DOI: 10.21829/abm126.2019.1461
- Hein, L. 2007. Assessing the costs of land degradation: a case study for the Puentes catchment, southeast Spain. *Land Degradation & Development*, 18, 631-642.

- Herrera-Pérez L., Valtierra-Pacheco E., Ocampo-Fletes I., Tornero-Campante M.A, Hernández-Plascencia K.A y Rodríguez-Macías R. (2017). Prácticas agroecológicas en Agave tequilana Weber bajo dos sistemas de cultivo en Tequila, Jalisco.
- Ibarrola-Rivas M.J. (2010). Sustainability analysis of agave production in Mexico.
- Illsley, C., Torres-García, I., Hernández-López, J. J., Morales-Moreno, P., Varela-Álvarez, R., Ibañez-Couch, I., Nava-Xinol, H. (2018). Manual de manejo campesino de magueyesmezcaleros forestales. México: Grupo de Estudios Ambientales AC.
- INEGI. 2010. Censo Nacional de Gobierno Federal 2010.
- INEGI. 2018. Censo Nacional de Gobierno Federal 2018.
- INEGI. 2020. Censo Nacional de Gobierno Federal 2020.
- Instituto Nacional de estadística y Geografía (INEGI). (2010). Integración territorial, censo de población y vivienda.
- Instituto Nacional de estadística y Geografía (INEGI). (2015). Actualización del censo de población y vivienda
- Instituto Nacional de estadística y Geografía (INEGI). (2018). Marco geoestadístico nacional.
- IPBES. 2018. The IPBES assessment report on land degradation and restoration. Montanarella, L., Scholes, R., and Brainich, A. (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 744 pages.
- J. Antonio Bautista; A. Anahit Antonio-Jose; M. Jose Leon-Nunez. 2017. Efectos socioeconómicos y ambientales de la sobreexplotación de maguey mezcalero en la región del mezcal de Oaxaca? Mexico. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, Octubre-Diciembre 2017.
- Kontova CA & Psaraftis HN. 2011. Carbon Dioxide Emissions Valuation and its Uses.
- López Portillo, V. (2019). Reporta Global Forest Watch máximos en pérdida de cobertura forestal desde 2001” WRI México. <https://wrimexico.org/blog/reporta-global-forest-watch-m%C3%A1ximos-en-p%C3%A9rdida-de-cobertura-forestal-desde-2001>.
- Lucero Vázquez R, Mendoza Ortega C., López Solano E., Solís Fajardo M.R, (2011). Plan rector de producción y conservación, Productores de maguey y Mezcal artesanal de zonas de Montaña.
- Lugato, E., Leip, A., & Jones, A. 2018. Mitigation potential of soil carbon management overestimated by neglecting N2O emissions. *Nat. Clim. Chang.* 8, 219–223. doi: 10.1038/s41558-018-0087-z
- Mariles-Flores Verónica et al.2016. Las clases de tierras productoras de maguey mezcalero en la Soledad Salinas, Oaxaca. *Rev. Mex. Cienc. Agríc [online]*. vol.7, n.5, 1199-1210. ISSN 2007-0934.
- Martínez-Casasnova J A, Ramos M. C. 2006. The cost of soil erosion in vineyard fields in the Penedes-Anoia Region (NE Spain). *Catena* 68:194-199.
- Molina-Fraener F, Enrique Eguiar L. (2003). The pollination biology of two paniculate agaves (Agavaceae) from northwestern Mexico: contrasting roles of bats as pollinators.
- Palma F. Pérez P. Meza V. (2016). Diagnóstico de la Cadena de Valor Mezcal en las Regiones de Oaxaca
- Peña Nieto Enrique, Velasco Rodríguez Guillermo & Cervantes Martínez Roberto. 2008. Bases de Diagnóstico: Identificación de Zonas Susceptibles a la Erosión en el Estado de México. 8-11. Volumen 33, N° 2. 119-136.
- Quispe J.T. 2015. Producción agrícola alimentaria y cambio climático: un análisis económico en el departamento de Puno, Perú.
- Salvador, Asis Vianey Katt. 2003. Evaluacion economica de la produccion integral de mezcal en la poblacion de San Pedro Yodoyxi – Tesis Universidad Tecnologica de la Mixteca.
- SEMARNAT. 2003. Memoria Nacional 2001-2002. Evaluación de la Degradación del Suelo causada por el Hombre en la República Mexicana.
- SEMARNAT, 2012. Informe de la situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas ambientales Indicadores clave y de desempeño ambiental. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/03_suelos/cap3_2.html
- Torres García I, Delgado Lemus A.M, Selene Rangel Landa, Pérez Volkow L, Álvarez Ríos G.D y Lucio López C.F. (2021). Metodología de trabajo y ruta crítica de validación de las prácticas amigables con la biodiversidad de los sistemas productivos basados en el maguey (Agave spp).
- Trejo-Pech C.O, López-Reyna Ma. C, House., L. A y Messina W. (2010). Appellation of Origin Status and Economic Development: A Case Study of the Mezcal Industry
- Viridiana Vega Vera N., Pérez Akaki P. (2017). Oaxaca y sus regiones productoras de mezcal: Un análisis desde cadenas globales de valor. *Perspectivas Rurales. Nueva época*, Año 15, N° 29, ISSN: 1409-3251, pp. 103-132.
- Walpole S, Sinden J & Yapp T. 1996. Land Quality as an Input to Production: The Case of Land Degradation and Agricultural Output. *Economic Analysis and Policy* Volume 26, Issue 2, September 1996, Pages 185-207.
- WBCSD Ecosystem.2011. Corporate Ecosystem Valuation Additional Notes B Selection & Application of Ecosystem Valuation Techniques for CEV.
- Whiteford, S. and R. Melville. The production of water for Mexican development. Chapter 14.

For further information and feedback please contact:

ELD Secretariat

Nina Bisom

c/o Deutsche Gesellschaft

für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich-Ebert-Allee 32 + 36

53113 Bonn

Germany

T + 49 228 4460-1520

E eld@giz.de

I www.eld-initiative.org

This report was published with the support of the Partner Organisations of the ELD Initiative and the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH on behalf of the German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ)

www.eld-initiative.org

