



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**RESIDUOS DE AGAVE EN EL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL EN EL VALLE
DE TEHUACÁN-CUICATLÁN**

T E S I S A

**QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD EN
GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS**

P R E S E N T A:

M. en BIByC. SUSANA PÉREZ DÍAZ

DIRECTORA

M. en C. TANIA SÁNCHEZ ORTIZ

Cuernavaca, Morelos

MAYO, 2021

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, Andrea, Gerardo y Ann, porque siempre están apoyando mis decisiones, sin su apoyo incondicional no podría dedicarme a lo que hago. Muchísimas gracias por todo y por siempre estar.

A Enrique por presentarme este proyecto que me ilusionó mucho y a Tania por darme el apoyo para poder hacerlo a pesar de las condiciones pandémicas que nos tocaron. Disfruté mucho las salidas a campo; de verdad muchas gracias por todo el respaldo académico y moral.

A mis sínodos, por tener la disposición y generosidad de revisar el documento y hacer las aportaciones necesarias y críticas constructivas para que esta investigación fuera lo mejor de sus versiones.

A Aura, gracias mani, eres purita inspiración.

A Fer, porque siempre sacas la mejor versión de mí.

Finalmente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca para realizar los estudios de la especialidad en Gestión Integral de Residuos; así como a la UAEM y a la Facultad de Ciencias Biológicas por permitirme formar parte de este programa.

Índice

RESUMEN	-----	IV
Introducción	-----	1
Capítulo I.	MARCO TEÓRICO -----	3
	1.1 Importancia del género Agave-----	3
	1.2 Descripción del mezcal artesanal-----	6
	1.2.1 Tipos de mezcal-----	8
	1.3 Residuos generados en la producción de mezcal artesanal-----	9
Capítulo 2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN -----	11
Capítulo 3.	OBJETIVOS -----	12
	3.1 Objetivo general-----	12
	3.2 Objetivos específicos-----	12
Capítulo 4.	PROPUESTA A IMPLEMENTAR -----	13
	4.1 Descripción del sitio de estudio-----	13
	4.2 Método cualitativo-----	15
	4.3 Revisión bibliográfica-----	15
Capítulo 5.	PRINCIPALES HALLAZGOS -----	16
	5.1 Revisión bibliográfica-----	18
Capítulo 6.	CONCLUSIONES -----	27
Referencias bibliográficas	-----	28
ANEXOS	-----	40
	Anexo 1. Guion de entrevista -----	40
	Anexo 2. Palenque Eulogio -----	41

RESUMEN

El mezcal es una bebida alcohólica que se obtiene de las plantas pertenecientes al género *Agave*, también conocidas como maguey. La importancia biocultural y económica de los agaves es ampliamente conocida en México (García-Mendoza, 2007). La producción de mezcal va al alza debido a la creciente demanda (Blanco, 2019, Consejo Regulador del Mezcal, CRM, 2019). Los procesos generales de elaboración del mezcal son la cocción, molienda, fermentación y destilación. Durante esta producción se generan dos tipos de residuos, los líquidos conocidos como vinazas y los sólidos llamados bagazos (Rodríguez-Cortés y Cerna-Hernández, 2017).

Es por ello que el objetivo del presente estudio fue evaluar alternativas de manejo integral del bagazo en palenques productores de mezcal del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Para llevarlo a cabo se planteó hacer entrevistas a los maestros mezcaleros, quiénes son los encargados de realizar esta bebida, sin embargo solo fue posible realizar una, por cuestiones derivadas de la contingencia sanitaria. Adicionalmente se elaboró una revisión bibliográfica de 90 documentos, para conocer propuestas de manejo de estos residuos, encontrando que 18 hablaban de bagazos, 20 de vinazas, 20 mencionan ambos residuos, 4 mencionan otro tipo de residuos y 28 no se relacionan con el tema. El manejo más mencionado para ambos residuos es el compostaje y el tratamiento físico-químico para la elaboración de diversos biocombustibles.

Palabras clave: Agave, mezcal, bagazo, vinazas, residuos, manejo

INTRODUCCIÓN

El mezcal es una bebida alcohólica que se obtiene de las plantas pertenecientes al género *Agave*. Estas plantas también conocidas como maguey son nativas de Mesoamérica y se desarrollan principalmente en zonas áridas (García-Mendoza, 2007). La importancia biocultural y económica de los agaves es diversa y ampliamente conocida en México, los pueblos originarios los han aprovechado de diversas formas desde tiempos prehispánicos (García-Mendoza, 2011). El aprovechamiento tradicional que le daban era amplio, ya que las fibras eran usadas para obtener alimento, bebidas, medicinas, para deslindar terrenos, entre otros (García-Mendoza, 2007).

Tras la llegada de los europeos a Mesoamérica, varios fueron los naturalistas que documentaron las propiedades únicas del maguey, mencionando que brindaba agua, vino, miel, agujas y vinagre (Scheinvar, 2017). Actualmente el uso del maguey sigue siendo diverso, lo utilizan como alimento, medicina, en la construcción, como forraje y como producto agrícola (Vázquez-García, *et al*, 2016; García-Herrera, *et al*, 2010).

Del agave se pueden obtener diferentes bebidas como aguamiel, pulque y mezcal. El mezcal es una bebida que se obtiene del destilado del maguey cuando la planta alcanza una maduración fisiológica (García-Herrera, *et al*, 2010). La producción de mezcal va al alza debido a la creciente demanda internacional que presenta (Blanco, 2019; Consejo Regulador del Mezcal, CRM, 2019).

El incremento acelerado en la producción de mezcal podría representar riesgos ecológicos debido a la importancia de los agaves en las comunidades áridas. Eventos tales como la extracción ilegal de especies silvestres de maguey (Torres, *et al*, 2015), la interrupción de interacciones ecológicas y la tala de especies nodrizas para la obtención de leña, podrían ocasionar un colapso de sistemas ecológicos enteros (Valiente-Banuet & Verdú, 2013). Adicionalmente durante la producción de esta bebida se generan residuos que no cuentan con un manejo adecuado, y tampoco existen estudios de las consecuencias que estos puedan generar en los sitios donde son dispuestos.

Las diferentes etapas de elaboración de mezcal generan dos tipos de residuos: los líquidos conocidos como vinazas y los sólidos llamados bagazos (Rodríguez-Cortés & Cerna-Hernández, 2017). Oaxaca es el estado con mayor producción de mezcal (CRM, 2019), sólo en esta zona la generación de bagazo es de aproximadamente 4 millones de toneladas al año (Martínez-Gutiérrez, *et al*, 2012). Debido a esto, es imperante conocer a cuántas toneladas asciende la generación de bagazo en el resto de las zonas que también producen mezcal, como es el caso del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (VTC).

El presente estudio está enfocado en los residuos de bagazo que se generan en la producción artesanal de mezcal en la zona de Tehuacán-Cuicatlán, para generar información que ayudará a conocer el panorama del manejo de los residuos de agave que se generan en esta área.

Capítulo 1. MARCO TEÓRICO

1.1. Importancia del género *Agave*

La importancia biológica del género *Agave* radica en que presenta una alta diversidad en México ya que de las más de 200 especies que se han descrito, 180 se encuentran en territorio mexicano y de estas 123 son endémicas (Torres, *et al*, 2015), siendo México el centro de origen de los magueyes (García-Mendoza y Galván, 1995).

Los agaves son plantas perennes, y pueden tener diferentes alturas, algunos están al ras del suelo, mientras que otros pueden alcanzar hasta 3 metros y presentan inflorescencias en espiga o panícula, llamadas comúnmente jotes (García-Mendoza y Abisaí, 2007). Cuentan con hojas suculentas y fibrosas con puntas espinosas, las cuales están dispuestas en roseta y pueden ser de diversos colores como verdes, amarillas, violetas o rojizas (García-Mendoza y Abisaí, 2007). Muchas especies de este género son semélparas, es decir que después de la primera floración muere (Gentry, 1982). Diversos estudios han demostrado que esto se debe a que los agaves invierten toda su energía en hacer que las inflorescencias sean ricas en néctar, para que los murciélagos puedan acceder fácilmente este y así poder ser polinizadas, siendo esta una relación de mutualismo y de coevolución (Flores-Abreu, *et al*, 2019; Rocha, *et al*, 2006).

Culturalmente el aprovechamiento que se ha obtenido de este género es amplio, se estima que fue hace aproximadamente 10,000 años (Smith, 1967, MacNeish, 1967, Gentry, 1982 y Flannery, 1986 en Delgado-Lemus, 2008). Los primeros registros de su uso fueron localizados en Guilá Naquitz, Oaxaca, donde se encontraron restos de las fibras trenzadas provenientes del maguey (Montufar y Anzures, 2014).

Gentry (1998) sugiere que los humanos comenzaron el aprovechamiento de los agaves imitando a los animales que los ingerían como alimento. Desde entonces sus usos se han diversificado, convirtiéndolos en plantas multipropósitos ya que se utilizan en la medicina, se ocupan como cercas vivas, también para la creación de herramientas y como combustibles, igualmente tiene funciones ornamentales, son aprovechadas como alimento y para la creación de diversas bebidas, y se ha inferido que también era parte importante de la nutrición de los mesoamericanos, ya que junto con el maíz y el frijol, ellos obtenían las proteínas que requerían (Torres, *et al*, 2015; Delgado-Lemus, 2014; Gentry, 1998). Torres, *et al* (2015) y el Consejo Regulador del mezcal señalaron que de 53 a 54 especies de agaves son utilizadas para la creación de bebidas alcohólicas como el pulque y el mezcal (tabla 1). Las especies más aprovechadas para la elaboración del mezcal son *A. angustifolia*, *A. potatorum*, *A. cupreata*, *A. durangensis*, *A. rhodacantha*, *A. marmorata*, *A. karwinskii* (CRM, 2018).

Tabla 1. Especies de agaves utilizadas en la producción del mezcal y modo de extracción (CRM, 2018 y Torres *et al.*, 2015)

No.	Especie	Nombre común de la variedad de mezcal	Extracción: MI, C o S
1	<i>A. americana</i> (diversas variedades)	Sierrudo, Arroqueño	C
2	<i>A. cupreata</i>	Papalometl, Ancho	S, MI
3	<i>A. durangensis</i>	Cenizo	S
4	<i>A. inaequidens</i>	Largo, Lechuguilla	S, MI
5	<i>A. karwinskii</i>	Cuish, Tobasiche	S, MI, C
6	<i>A. marmorata</i>	Pitzometl, Tepeztate	S, MI
7	<i>A. potatorum</i>	Tobalá, Biliá, Papalomé (Puebla)	S, MI
8	<i>A. rhodacantha</i>	Quixe, Mexicano	S, MI, C
9	<i>A. salmiana</i> (diversas variedades)	Cimarrón, Verde	S, MI, C
10	<i>A. tequilana weber</i>	Tequila	C
11	<i>Agave angustifolia</i>	Espadín	C, S

MI: Incipiente (uso reciente)

C: Cultivado

S: Extracción de los individuos en vida silvestre

El género *Agave* es un componente principal de los ecosistemas áridos y semiáridos (Delgado-Lemus, *et al.*, 2014). En el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, la existencia de los agaves está ligada a distintos procesos ecológicos de mutualismo, en donde se requiere de una planta nodriza para su germinación y establecimiento (Estocapan, 2017), además de que la floración de los agaves proporciona alimento a murciélagos, aves e insectos durante todos los meses del año (Rojas Martínez, *et al.*, 1999). Los agaves del Valle de Tehuacán han sido llamados un *oasis de néctar* debido a la alta calidad nutricional de su néctar (Ornelas, *et al.*, 2002). Esto contribuye a la residencia permanente de los murciélagos nectarívoros (Phyllostomidae) en el Valle (Rojas-Martínez *et al.*, 1999), los cuales a su vez tienen un papel importante como polinizadores y dispersores de semillas para las cactáceas columnares de la región, componente principal de los paisajes en el Valle.

En el Valle de Tehuacán, las especies mezcaleras silvestres más importantes son *A. marmorata*, *A. potatorum*, *A. americana* var. *Oaxacensis* y *A. macroacantha* (Delgado-Lemus, *et al*, 2014). Esta forma de extracción podría desencadenar la extinción de algunas especies de agaves, provocando una disrupción en la red de interacciones mutualistas y finalmente generando un vórtex de extinción (Valiente-Banuet, *et al*, 2015). Sin embargo, dejar de realizar esta actividad productiva (realización de mezcal), podría generar riesgos económicos, ya que más de 100 mil empleos de hombres y mujeres de poblaciones rurales están asociados a la elaboración de mezcal (Consejo Regulador del Mezcal, CRM, 2018).

1.2 Mezcal

El mezcal es una bebida alcohólica que se obtiene *“por destilación de jugos fermentados con microorganismos espontáneos o cultivados, extraídos de cabezas maduras de magueyes cocidos”* (Diario Oficial de la Federación, DOF, 2016). Para que esto suceda los agaves deben haber llegado a una maduración fisiológica que ocurre entre los 7 y 12 años, lo cual dependerá de la especie que se esté aprovechando (García-Herrera, *et al*, 2010).

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI–2016 la bebida alcohólica destilada mezcal debe cumplir ciertas características y especificaciones para su producción, envasado y comercialización (DOF, 2016). Existe un término llamado Denominación de Origen (DO) y se refiere a *“el nombre de una región geográfica... que sirva para designar un producto originario de la misma, y cuya calidad o característica se deban exclusivamente al medio geográfico... factores naturales y humanos”* (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, IMPI, 2018), esto

significa que únicamente los estados señalados en la NOM-070-SCFI-2016 podrán ser oficialmente productores de mezcal. Entre los estados que cuentan con esta denominación de origen se encuentran: Oaxaca, Guerrero, Durango, San Luis Potosí, Estado de México, Puebla, Aguascalientes, Tamaulipas y Zacatecas (DOF, 2016).

El Consejo Regulador del Mezcal es el organismo que se encarga de certificar la Denominación de Origen del Mezcal (DOM) mezcal a nivel nacional. Esta organización reporta que del 2018 al 2019 se registró un aumento del 40% en la producción de mezcal en México, alcanzando los 7,145,039 L (CRM, 2020). La mayor parte de la producción de mezcal se localiza en Oaxaca, cuya aportación ha oscilado entre el 77.4 y el 99.4% del 2011 al 2019. El estado de Puebla comenzó a figurar en los reportes del CRM desde el 2016 y ha mostrado un incremento constante en su contribución a la producción nacional del mezcal, iniciando en un 0.1% y cerrando 2019 con un 3.2%, lo cual lo situó en segundo lugar nacional ese año. Para el año 2018 el CRM señaló que México exportó 3.4 millones de litros, cifra que para 2019 fue de 4.7 millones de litros. Tales exportaciones provinieron de Oaxaca con 80.3% y de Puebla con 2.4%. Estas cifras demuestran que la demanda por el mezcal continúa en aumento y, de igual manera, la presión sobre los recursos naturales necesarios para su elaboración, así como los residuos resultantes de ella.

1.2.1 Tipos de mezcal

Los procesos generales de elaboración del mezcal son la cocción, molienda, fermentación y destilación. De acuerdo con la NOM-070-SCFI-2016 (DOF, 2016) los mezcales se diferenciarán en tres tipos (1) Mezcal, (2) Mezcal artesanal y (3) Mezcal ancestral (tabla 2).

Tabla 2. Se muestran las diferencias entre los tipos de mezcal existentes según la NOM-070-SCFI-2016 (DOF, 2016).

Procesos de elaboración	Mezcal	Mezcal artesanal	Mezcal ancestral
Cocción	Hornos de pozo, mampostería o clave	Hornos de pozo o elevados de mampostería	Hornos de pozo
Molienda	Tahona, molino egipcio, trapiche, desgarradora, tren de molinos.	Mazo, tahona, molino egipcio, trapiche o desgarradora.	Mazo, tahona, molino egipcio
Fermentación	Recipientes de madera, piletas de mampostería o tanques de acero inoxidable.	Agujeros de piedra, suelo o tronco, piletas de mampostería, recipientes de madera o barro, pieles de animal, puede incluir bagazo.	Agujeros de piedra, suelo o tronco, piletas de mampostería, recipientes de madera o barro, pieles de animal, puede incluir bagazo.
Destilación	Alambiques, destiladores continuos o columnas de cobre o acero inoxidable.	Fuego directo en alambiques de caldera de cobre u olla de barro y montera de barro, madera, cobre o acero inoxidable; cuyo proceso puede incluir bagazo.	Fuego directo en olla de barro y montera de barro o madera; cuyo proceso puede incluir bagazo.

El proceso de creación artesanal del mezcal consiste en localizar un agave maduro, cortar las hojas, para dejar sólo el corazón o *piña* y extraerla para cocerlas en un horno de pozo o de mampostería, donde se dejan varios días. Posteriormente son retiradas del horno y enfriadas para llevarlas a un espacio donde son molidas con mazos, molinos chilenos, trapiches o desgarradoras. Cuando las piñas han sido

trituras se llevan a unos depósitos de piedra, suelo, tronco, piletas de mampostería, recipientes de madera o barro o pieles de animal donde se fermentarán durante días.

Finalmente, el proceso de destilación puede ser directamente al fuego en alambiques de cobre, barro o en monteras de barro, madera, cobre o acero inoxidable (DOF, 2016). El CRM (2020) reporta que para el 2019 el mezcal artesanal representó el 83.5% del envasado para consumo nacional y el 89.9% de mezcal para exportación. Esto es sin contar a los cientos de productores de mezcal artesanal que no están registrados en el CRM.

1.3 Residuos de la producción artesanal de mezcal

Durante las cuatro etapas de elaboración del mezcal se producen dos tipos de residuos: las vinazas y los bagazos. Las vinazas son residuos líquidos que se originan en el proceso de destilación. Se ha estimado que por cada litro de mezcal se generan de 8 a 12 litros de estos líquidos (Robles-González, *et al*, 2012). Están compuestas por ácidos gálicos, fructuosas, entre otros compuestos químicos (nitrógeno, fosfato y sulfato) que pueden afectar negativamente el suelo, ya que alteran el pH y por lo tanto la fertilidad de este (Robles-González, *et al*, 2012); adicionalmente al ser vertidas a altas temperaturas al suelo pueden alterar procesos fotosintéticos, y en cuerpos de agua pueden ocasionar eventos de eutrofización (Robles-González, *et al*, 2012).

Los bagazos son los residuos sólidos que se generan durante la fermentación y destilación del maguey que consisten en manojos de fibras húmedas compuestas por celulosa y hemicelulosa, que funcionan para almacenar moléculas y por lignina, que le dan sostén al cuerpo de

la planta (Velázquez, 2019). El análisis de las fibras de *Agave angustifolia* mostró que las proporciones de sus componentes son celulosa, hemicelulosa y lignina (Hidalgo-Reyes, *et al.* 2015; Meza, 2018; Flores-Trujillo, *et al.*, 2020). Se ha estimado que en Oaxaca, el estado con mayor producción de mezcal, se generan más de 4 millones de toneladas de bagazo al año, de las cuales se pueden obtener cerca de 700 mil toneladas de fibras (Cortés-Martínez y García-Méndez, 2016).

En Tamaulipas, 21 municipios y 18 empresas son productores de mezcal y, aunque se desconoce la producción anual en litros, se sabe que durante la producción de mezcal se utilizan 15 toneladas de agave, de las cuales 10.5 Ton son residuos de bagazo (Hoz-Zavala y Nava-Diguero, 2017) y con los cuales no se realiza aprovechamiento alguno.

En Oaxaca, el 84% del bagazo se dispone en ríos y arroyos, o bien es quemado para reducir su volumen (Cortés-Martínez y García-Méndez, 2016; Chávez-Guerrero, *et al.*, 2010). Este material tiene potencial para ser aprovechado y generar otros productos que sean útiles, dándole una segunda vida; por ejemplo, se han hecho estudios para el aprovechamiento del bagazo como sustrato para la producción de hongos comestibles (Alpuche, 2005) y como fertilizante para enriquecer suelos de cultivos. Así mismo las fibras se usan para la elaboración de textiles y alimento de ganado (Íñiguez, *et al.*, 2011; Chávez-Guerrero, *et al.*, 2010). Adicionalmente investigaciones recientes (Flores-Trujillo, *et al.*, 2020) sugieren que las fibras provenientes del bagazo podrían ser útiles en la remoción de metales pesados del agua, lo cual le daría un valor añadido, ya que se estaría usando un residuo para combatir la contaminación causada por estos materiales.

También se ha propuesto que las cenizas restantes de la quema pueden ser útiles para la obtención de oxalato de calcio, cristales que son de interés para industrias cementeras, acereras y para las que producen vidrio (Chávez-Guerrero, *et al*, 2010). En la actualidad existe una variedad de productos disponibles en el mercado, tales como bolsas y popotes fabricados con bagazo de agave, como alternativa al uso de materiales biodegradables provenientes de almidones y fibras de vegetales comestibles como la papa y el maíz.

Capítulo 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

El valor de la industria mezcalera alcanza los 5,020 millones de pesos anuales y ha mostrado una creciente producción de acuerdo con la demanda nacional e internacional. Por esta razón y debido a que es una fuente importante de empleo (CRM, 2018), es coherente predecir que la industria mezcalera continuará desarrollándose y creciendo. Esto ratifica la importancia económica de los agaves, y de practicar acciones sustentables con respecto a su manejo para asegurar tanto la disponibilidad del producto como de la estabilidad de los sistemas socio-ecológicos de los que forman parte los agaves.

Oaxaca es una zona histórica en cuanto a producción de mezcal y recientemente Puebla se incorporó a los estados que cuentan con denominación de origen, por lo que existe un gran impulso para el crecimiento de esta industria y para el mejoramiento del prestigio del mezcal poblano y su aceptación por el mercado nacional e internacional. Por ejemplo, en 2020 se anunció la construcción de una megaplanta mezcalera, la cual podría destilar agaves mezcaleros de

hasta 40 mil hectáreas en el poblado de Tepeaca y sus alrededores (Ochoa & Morales, 2020).

El Valle de Tehuacán Cuicatlán es una zona donde la producción de mezcal va en aumento, así como su valor y prestigio. En abril del año 2021 la marca de mezcal “60 Fierros Arreando Mulas”, establecida en Santiago Coatepec, dentro de la Reserva del Valle de Tehuacán-Cuicatlán recibió una medalla de oro y una de plata en el X Concurso Nacional de Marcas, convocado por la Academia del Mezcal y del Maguey, respaldando la calidad del mezcal que se produce en la zona (Pacheco, 2021).

En el año 2020 el CRM declaró la existencia de 200 empresas de mezcal certificadas en Puebla, responsables de la producción de aproximadamente 180 mil litros al año (Zambrano, 2021). Sin embargo, considerando que el CRM no reporta a los pequeños productores de mezcal que no están registrados, podría existir una subestimación del número de especies y volumen de agaves usados para la producción del destilado. Los residuos de bagazo forman parte de la producción de mezcal por lo que es importante conocer el manejo que actualmente se realiza en los palenques (casas que producen mezcal) de los dos estados que comprende el VTC. Por ello, esta investigación pretende generar información que permitirá conocer la cantidad y el manejo de residuos de bagazo del agave que se generan en los palenques del Valle de Tehuacán Cuicatlán y poder realizar una propuesta de manejo sustentable de este residuo.

Capítulo 3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Evaluar alternativas de manejo integral del bagazo en palenques productores de mezcal del Valle de Tehuacán-Cuicatlán

3.2. Objetivos específicos

3.2.1 Determinar y categorizar el manejo del bagazo que se realiza en los palenques.

3.2.2 Proponer manejos alternativos del bagazo en la producción del mezcal.

Capítulo 4. PROPUESTA A IMPLEMENTAR

4.1 Descripción del sitio de estudio

La Reserva de la Biosfera Tehuacán Cuicatlán se localiza en los estados de Puebla y Oaxaca, abarcando 51 municipios de los mismos. Cuenta con una extensión total de 490,186.87 ha (Figura 1), con una longitud de Norte a Sur de 179.68 kilómetros y de Este a Oeste, de 48.35 kilómetros en la porción más ancha y pertenece a la cuenca hidrológica de río Papaloapan (CONANP, 2013).

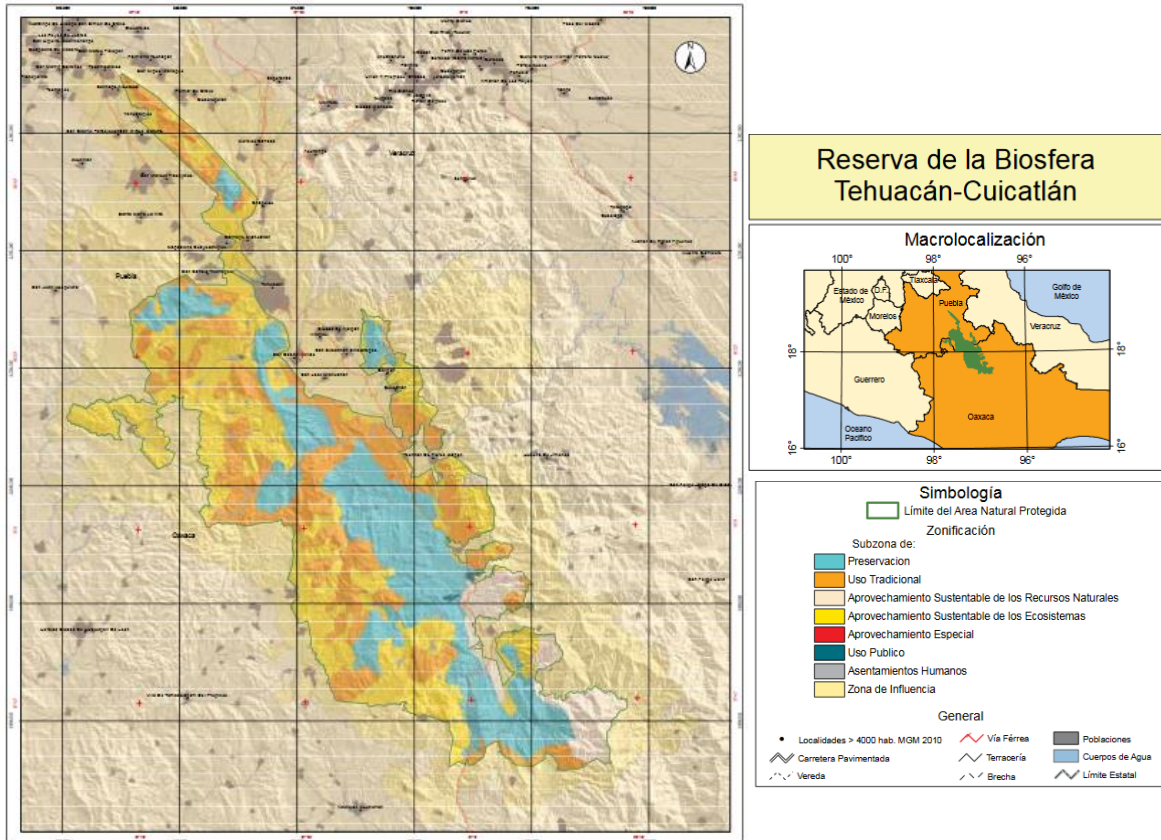


Figura 1. Mapa de zonificación de la Reserva de la Biósfera Tehuacán Cuicatlán. (CONANP, 2013).

Esta zona sufrió fenómenos geológicos que dieron origen a montañas y mesetas ubicadas en dos provincias fisiográficas: el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur. El VTC es una región árida y semi-árida resultado del efecto de sombra orográfica que crean las montañas (Dávila, *et al*, 2002) En el VTC hay presencia de tres zonas térmicas que son (1) trópico seco con temperaturas de 22 a 24 °C, (2) trópico subhúmedo con temperaturas que van de 18°C a 22°C y (3) templado húmedo con temperaturas de 12 a 18°C (CONANP, 2013), con una precipitación media anual de 3942 mm (Albino-García, *et al*, 2011).

El VTC fue declarado por la UNESCO como patrimonio mixto de la humanidad (SEMARNAT, 2018) debido a que presenta una alta

biodiversidad y una importancia cultural. Aquí se localizan 8 grupos indígenas: mixtecos, cuicatecos, ixcatecos, nahuas, chocholtecos, popolocas, chinantecos, y mazatecos (CONANP, 2013), quienes albergan profundos conocimientos de la flora del lugar.

Este territorio cuenta con aproximadamente 2700 especies de plantas vasculares con el 30% de endemismos (Casas, *et al*, 2001; Dávila, *et al*, 2002) y tiene la mayor presencia de cactáceas columnares del mundo (Valiente-Banuet, 1996). Adicionalmente en esta zona se han descrito complejas comunidades vegetales, de las cuales se registraron 29 tipos diferentes (Valiente-Banuet, *et al*, 2000). Las familias Cactaceae, Asteraceae, Fabaceae, Crassulaceae y Agavaceae forman parte de la vegetación representativa de la zona (Dávila, *et al*, 2002), además de ser las plantas útiles más manejadas (Blancas, *et al*, 2010).

En esta zona se cosecha maguey para la producción de mezcal artesanal, la especie más usada es el *A. potatorum*, de la cual se estimó que se extraen entre 5 y 7 mil individuos al año y se producen entre 3500 y 4300 L. de mezcal (Delgado-Lemus. 2008). En un proyecto reciente se ha puesto en marcha una estrategia de cultivo de agave para evitar la extracción de individuos silvestres y el colapso de las redes de interacción ecológica (Toche, 2017). Cabe resaltar que hasta el momento no se han publicado estudios que aborden el tema de los residuos producidos por la industria mezcalera en la región del Valle de Tehuacán Cuicatlán.

4.2 Método cualitativo

Se realizó una investigación cualitativa, con muestreo por conveniencia (Otzen y Manterola, 2017). Para este propósito se eligieron dos

palenques ubicados en la zona del VTC, donde se identificaron los momentos en los que la producción de mezcal artesanal genera bagazo y cuál es el manejo que le dan. El instrumento de medición fue una entrevista semiestructurada (anexo 1), es decir que se lleva un guión de preguntas, sin embargo, si se requiere se omiten o agregan preguntas conforme vaya avanzando la misma (Díaz, 2011). La entrevista fue aplicada al maestro mezcalero de cada palenque, debido a que son los que conocen mejor el proceso de producción.

4.3 Revisión bibliográfica

Para proponer alternativas de manejo de los residuos de la producción de mezcal, se hizo una revisión bibliográfica recolectando y seleccionando, resultados de los usos que se les han dado al bagazo y a las vinazas tanto en la industria mezcalera, como en la industria tequilera (esto debido a que la producción de tequila está más desarrollada).

El acopio de información se realizó a través de la selección de artículos científicos, reportes, reseñas y tesis en tres plataformas: Google Académico (GA), World wide science (WWS) y Redalyc. Para ello se usaron las palabras clave: bagazo (bagasse), vinazas (vinasses), mezcal, tequila, agave y residuos (waste) en español y en inglés; además se usó un filtro para que solo se mostraran documentos de diez años de antigüedad a la fecha. De los datos resultantes se analizaron los resúmenes y se descartaron aquellos que no tengan relación con los usos alternativos de bagazo y vinazas en la producción del mezcal.

Capítulo 5. PRINCIPALES HALLAZGOS

Durante una primera visita en febrero del 2020 al “Palenque de Eulogio” en Zapotitlán Salinas, Puebla, se observó que el bagazo es apilado a un costado de donde se lleva a cabo la producción de mezcal (Anexo 2) y no hacen uso alguno de él. Por situaciones derivadas de la contingencia sanitaria a partir de marzo del 2020, el resto de las visitas de campo fueron canceladas, por lo que las entrevistas presenciales no se llevaron a cabo como se habían planeado y la alternativa ante estos impedimentos fue realizar una entrevista vía telefónica.

El contacto que se realizó fue con Amando Alvarado Álvarez, quien junto con su padre, es el maestro mezcalero del palenque ubicado muy cerca de un arroyo en el paraje del Sabino en Santa María Ixcatlán, Oaxaca, municipio localizado al sur de la Reserva del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. En este lugar elaboran mezcal ancestral, la preparación es la siguiente:

“...horneamos en horno cónico de tierra, lo cubrimos con palma, lo destapamos como en tres días, dos noches, 72 hrs, como tres días y dos noches, de ahí molemos en canoa de piedra con mazo de madera, los pasamos en las tinas de fermentación, donde nosotros es en pieles de vaca, en cueros de vaca, no es algo que nos inventamos, es algo que hemos, que nos han venido compartiendo por muchas generaciones. Y ya de ahí lo llevamos a la destilación, que es doble destilación a la primera le llamamos llanito, a la segunda le llamamos resacado o mexcal. Y eso es lo que tenemos, el proceso que tenemos” (Alvarado, 2020, comunicación personal).

La especie que aprovechan con mayor frecuencia es el *A. potatorum*, o papalometl, que es el nombre común de la región, aunque hay ocasiones en las que hacen uso de otras especies, no se mencionaron los nombres de estas, “*me gusta hacer de otras especies, y traigo de otros lugares aquí cercanos, y lo que estamos haciendo es comprar de donde hay un manejo, no nomás comprarlo así*” (Alvarado, 2020, comunicación personal). Además, menciona que para hacer un litro de mezcal, se necesitan aproximadamente de 18 a 20 kilos de agave. Debido a las dificultades de la comunicación a distancia, fue difícil obtener más datos precisos sobre el volumen de bagazo y el manejo que se le da. Sin embargo, es posible realizar estimaciones a partir de la relación de la masa de agaves usada para producir un litro de mezcal.

De acuerdo con Silva, *et al*, (2003, en Martínez-Gutiérrez, *et al* ,2012), y dependiendo del método de molienda, el bagazo representa entre el 12 y el 20% del peso de las piñas tras el proceso de destilado. Teniendo esto en cuenta, se puede estimar que en el palenque de Amando Alvarado en Santa María Ixcatlán se producen entre 2.1 y 4 kg de bagazo de agave por litro de mezcal; no obstante Chávez-Guerrero (2010), menciona que por cada litro de mezcal se generan de 15 a 20 kg de bagazo, esto resalta la importancia de generar datos certeros para la región, ya que el volumen del bagazo dependerá de la especie de agave y de la producción de los palenques.

Cabe resaltar que en el palenque de Amando Alvarado se han realizado algunos esfuerzos para utilizar el bagazo como materia prima para la elaboración de etiquetas de las botellas del mezcal que ahí se produce (Anexo 3).

El investigador Valiente-Banuet, quien ha trabajado en el área durante más de 20 años, menciona que basado en observaciones propias a lo largo de varios años en diversos palenques, puede asegurar que en la mayoría de los casos la gente hace uso nulo de este residuo (comunicación personal, 2020). En este sentido Martínez-Ibarra (comunicación personal, 2020) creó desde 2015 una empresa llamada “*Bagatech*” en la que trabaja con el residuo de bagazo mezcalero en la región de los Valles centrales de Oaxaca. Él desarrolló macetas, material de construcción y empaques a partir de este material; menciona que comenzó a usar este residuo porque se dio cuenta de que no era aprovechado para ninguna actividad: “*las personas lo queman, lo apilan o lo usan como combustible, a la mayoría le vale*” (Martínez-Ibarra, comunicación personal, 2020). Por lo tanto con estos testimonios y con el acercamiento incipiente con el palenque de Zapotitlán se puede inferir que el bagazo y las vinazas no tienen ningún tipo de aprovechamiento, ni manejo especial.

5.1 Revisión bibliográfica

Haciendo uso de los buscadores GA, WWS y Redalyc, se encontraron 6249 documentos, sin embargo, se tomaron en cuenta los primeros 20 resultados de cada buscador debido a que conforme avanzaba la búsqueda, la relación con el tema central se iba aminorando.

De los 90 escritos seleccionados, 18 hablan del bagazo, 20 de las vinazas, 23 de ambos residuos, 26 no estaban relacionados con los residuos del agave y 4 hablan sobre las hojas de los agaves que son cortadas para la producción de pulque, y al ser otro tipo de residuo de agave se consideró relevante (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados de la búsqueda en los tres diferentes buscadores y su relación con los residuos de bagazo y vinazas. La columna de otro es debido a que un artículo habla sobre las hojas, que son otro tipo de residuo.

Buscador	Resultados en total	Bagazo	Vinazas	Ambos	Ninguno	Otro
GA	91	12/40	10/40	11/40	6/40	1/40
WWS	63	1/30	5/30	7/30	16/30	1/30
Redalyc	6095	5/20	5/20	2/20	6/20	2/20
Total	6249	18/90	20/90	20/90	28/90	4/90

De los resultados obtenidos del bagazo se encontró que, de los 18 documentos que hablan sobre el bagazo, uno se repetía dos veces, además este ya había sido usado previamente para los antecedentes, por lo cual se descartó de esta sección. De los 16 restantes se destacó que se proponen diversos tratamientos para el bagazo (tabla 4), y hacen hincapié en que se utiliza menos bagazo del que se produce (Garza, 2016), lo cual resalta la importancia de encontrar un manejo adecuado para este residuo.

El manejo más mencionado es el compostaje, diversos autores (Íñiguez, *et al*, 2011a; Íñiguez, *et al*, 2011b; Crespo, 2011; Crespo-González, *et al*, 2014; Crespo-González, *et al*, 2017;) hacen mención de esta técnica y todos coinciden en que el resultado final es la obtención de un sustrato rico en nutrientes, funcional para el cultivo de diversas plantas como hortalizas e incluso puede servir como sustrato de agave para la creación de bebidas como el mezcal.

Asimismo, el bagazo tiene una diversidad de usos en la que puede ser aprovechado, ya que bajo distintos tratamientos puede ser precursor de elementos importantes para la generación de vainilla sintética (Escalera 2015) o como alimento para el ganado (Ramírez-Cortina, *et al*, 2012); o bien puede ser de utilidad industrial al generar biocombustibles, antioxidantes, productos de higiene personas, entre otros (tabla 4).

Por otro lado, Caballero-Caballero (2013) llevó a cabo un estudio en que implementó un nuevo método de molienda para las piñas, esto para reducir el número de piñas que se utilizan para elaborar el mezcal. Este método no está directamente relacionado con el bagazo, sin embargo, esta innovación puede de manera indirecta reducir la cantidad de bagazo, debido a que desde el inicio del proceso las piñas mejorarían su rendimiento.

Tabla 4. Tipos de manejo del bagazo

Manejo	Función deseada	Autor(es)
Composta	Generación de sustrato; mejorador de suelos; creación de negocios familiares que trabajen con este residuo para mejorar su economía y el ambiente.	Crespo, 2011; Crespo-González, <i>et al</i> , 2014; Crespo-González, <i>et al</i> , 2017; Íñiguez, <i>et al</i> , 2011a; Íñiguez, <i>et al</i> , 2011b.
Obtención de compuestos fenólicos	Elaboración de vainilla sintética	Escalera, 2015.

Obtención de lignina	Generar antioxidantes, aditivos para concreto y adsorción de metales pesados.	Meza, 2018.
Adicionar hidróxido de calcio (para disminuir lignina y aumentar digestibilidad)	Alimento para rumiantes	Ramírez-Cortina, <i>et al</i> , 2012.
Tratamiento enzimático para conseguir monosacáridos	Bio-hidrógeno que es un biocombustible	Abreu, 2013.
Tratamiento termoquímico	Obtener hidróxido de Calcio (bactericida); Adicionalmente para la obtención de biocombustible	Chávez-Guerrero, <i>et al</i> , 2015; Chávez-Guerrero, <i>et al</i> , 2018; Montiel-Corona, <i>et al</i> , 2020.
Revisión que aborda diversos tipos de tratamientos para el aprovechamiento del bagazo: compostaje, creación de bioplástico y de alimento para animales.	Resaltar la importancia del bagazo como un material potencial y no como un residuo.	Garza, 2016.
Obtención de nanocelulosa	Generar artículos como cosméticos, pañales, papel, algunos de uso medicinal, entre otros.	Vidales, 2019.
Implementación de un molino artesanal.	Mejorar el rendimiento de las piñas de agave; en consecuencia los residuos de bagazo disminuirían.	Caballero-Caballero, 2013.
Obtención de hidróxido de calcio	Sintetizar hidróxido de Calcio (Ca(OH) ₂), para usarlo en tratamientos de endodoncia.	Chávez-Guerrero, <i>et al</i> , 2017.

En cuanto a las vinazas se encontraron 20 documentos, sin embargo, dos no están disponibles, por lo cual tuvieron que ser descartados y

uno más es del 2009, no obstante este si fue considerado para la revisión; dos más se repiten en la búsqueda. La literatura relativa a las vinazas (tabla 5) a diferencia del bagazo, muestra y hace notar los problemas ambientales y sociales derivados de estos residuos, son menos los artículos que hablan de algún manejo que tenga una función específica.

Acosta (2009) habla de compostar heces de ganado junto con las vinazas, para así obtener un fertilizante orgánico que pueda ser utilizado en la industria del cultivo de agave. Varios autores (Zúñiga, *et al*, 2013; Ibarra-Camacho & León-Duarte, 2018; Ibarra-Camacho, *et al*, 2019; Ordaz-Díaz & Bailón-Salas, 2020) consideran importante caracterizar a las vinazas y sus posibles tratamientos (Robles-González, *et al*, 2012) para saber los impactos que generan en el ambiente y así poder mitigarlos. O bien también se propone que a partir de la vinazas se puede obtener biogás, que es un combustible sustentable (Marín-Batista, *et al*, 2016; Jiménez, 2011), entre otros.

Tabla 5. Resumen de los artículos que hablan acerca de las vinazas.

Problema	Conclusión	Autor(es)
Composta (Manejo)	Creación de un Fertilizante orgánico (Función deseada)	Acosta, 2009.
Digestión anaerobia (Manejo)	Producción de biogás y biohidrógeno (Función deseada).	Marín-Batista, <i>et al</i> , 2016; Jiménez, 2011; Arreola-Vargas, <i>et al</i> , 2016; García-Depraect, <i>et al</i> , 2020.
Caracterización físico-química de las vinazas (Manejo)	Disminuir sus impactos ambientales.; Demostrar los daños ambientales que	Zúñiga, <i>et al</i> , 2013; Ibarra-Camacho, <i>et al</i> , 2019; Ibarra-Camacho & León-Duarte, 2018; Ordaz-Díaz & Bailón-

	ocasionan las vinazas. (Función deseada). Adicionalmente se han estudiado algunos los compuestos aromáticos de las vinazas, como facilitadores en el crecimiento de diversas levaduras de importancia industrial.	Salas, 2020; Rodríguez-Romero, 2020.
Dilución de vinazas (manejo)	Tratamiento que potencialmente serviría para poder descargarlas sin tantos contaminantes.	Cea, <i>et al</i> , 2020.
Coagulación de vinazas	Rehabilitar una planta de tratamiento para las vinazas	Íñiguez y Hernández, 2010.
Recorrido por la afectación del vertido de vinazas a los cuerpos de agua de la región de Tonaya, Jalisco.	Resaltar la importancia de darle un manejo adecuado a los residuos del agave.	Rodríguez-Contreras, 2016.
Afectación a la población de hongos micorrizas en suelos regados con vinazas.	Las vinazas afectan negativamente a las poblaciones de hongos presentes en el suelo.	Sánchez, 2015
Revisión de tratamientos de las vinazas resultantes en la industria mezcalera, para poder evitar que estos líquidos sean vertidos en cuerpos de agua y/o suelos.	Los tratamientos más frecuentes son la digestión anaeróbica, tratamientos aeróbicos, tratamientos físico químicos y tratamientos biológicos (uso de hongos y compostaje).	Robles-González, <i>et al</i> , 2012.

De manera complementaria se encuentran los estudios que mencionan los dos residuos en el mismo documento, los cuales mencionan manejos y técnicas que se abordaron en los documentos anteriores y revisiones de sus usos potenciales (Stewart, 2015; Davis & Long, 2015; Martínez-Orozco, 2020), como el aprovechamiento del bagazo y las vinazas a partir de compostaje (Rodríguez, *et al*, 2013; Vidal, 2014; Crespo-González, *et al*, 2018).

Adicionalmente algunos estudios (Godínez, 2017; Nuñez, *et al*, 2011; Cushman, *et al*, 2015) mencionan el potencial que tienen ambos residuos, a través de un manejo integral tanto de vinazas como de bagazo, así se propone que del bagazo se pueden obtener fructanos que tienen importancia comercial a nivel internacional y las vinazas se pueden aprovechar para regular el grado de alcohol en el mezcal, o como ya se había mencionado anteriormente para la obtención de biocombustibles (Gómez-Guerrero, 2014; Gómez-Guerrero, *et al*, 2018) y enzimas (Castillejos, 2015; Ordaz, *et al*, 2019).

Por su parte Delgadillo-Ruíz, *et al* (2017) hacen mención de que Zacatecas es un estado productor de mezcal por tradición, sin embargo no se tiene conocimiento acerca la generación de residuos de esta actividad productiva, por lo que se propusieron determinar los subproductos de desecho que esta genera, encontrando que en el estado se producen 12,168 toneladas al año de desechos sólidos (bagazos y pencas), mientras que de los efluentes (vinazas) se originan más de 31 millones de litros al año y un total de emisiones en aire de 71 mil toneladas de partículas suspendidas totales (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y dióxido de azufre). Este trabajo en particular hace evidente la importancia de saber cuánto se genera de cada residuo, para poder proponer estrategias adecuadas que mitiguen los daños que los bagazos y las vinazas ocasionan.

Como resultado adicional se encuentran los artículos que hablan acerca de las hojas que se cortan durante el jimado. Si bien en el presente documento no se habla acerca de las hojas de agave como otro residuo de la producción mezcalera, es importante agregarlo debido a que existe y no se debería omitir. Jiménez-Muñoz, *et al*. (2016; 2017) y Chávez Guerrero (2016) mencionan que las hojas de los agaves son altas

en contenido de fibras, y de estas se puede obtener celulosa, que es un polisacárido del que se puede hacer papel, esto resulta atractivo porque sería una manera adicional de aprovechar este tipo de residuos, y de crear papel a partir de un material no maderable. Es importante destacar que se deben hacer estudios previos para saber si las especies utilizadas para hacer mezcal en el VTC son aptas para este tipo de tratamiento.

Finalmente se consideró relevante mencionar un artículo que no tiene ninguna relación con residuos, sin embargo habla acerca del agro-extractivismo que sucede en la industria tequilera, y de cómo el incremento en la demanda de esta bebida ha ocasionado problemas ambientales y sociales (Tetreault, *et al*, 2020). De no tomar acciones que lleven al desarrollo de un manejo integral en la producción del mezcal, es un escenario posible, pero no deseable.

Para poder hacer una propuesta de manejo integral de los residuos derivados de la producción de mezcal en la zona del Valle de Tehuacán Cuicatlán es importante tomar en cuenta diferentes aspectos y particularidades de cada palenque, ya que cada uno tiene características de producción particulares según el tipo de mezcal de se elabora en ellos, así como las características geográficas y ambientales de los sitios. Aspectos sociales, culturales, legales, económicos y ambientales son importantes para que estrategias de gestión de residuos se puedan llevar a cabo.

Actualmente la producción de mezcal no es sustentable (Delgado-Lemus, 2014), por lo tanto, tampoco lo es el manejo de los residuos que se generan de esta práctica. Por ello es importante comenzar a tomar acciones con el bagazo y las vinazas, ya que con la información analizada en este capítulo se puede inferir que el panorama de

producción de mezcal en el VTC va en aumento. En cuanto al bagazo y las vinazas, una de las opciones de manejo podría ser la producción de composta, diversos autores como Acosta, 2009; Íñiguez, *et al* 2011a e Íñiguez, *et al*, 2011b, mencionan que este manejo no requiere de mucha inversión y sí puede diversificar los ingresos de las personas que se involucren en esta actividad. Derivado de este manejo se podría producir abono orgánico que podría funcionar para las mismas plantas de maguey que serán utilizadas para el mezcal o bien para vender a otras industrias y/o a terceras personas.

Otro manejo que podría ser factible para la zona es la producción de biocombustibles a partir de ambos residuos. Sin embargo se tendría que considerar que el costo de inversión porque se necesitan biodigestores que faciliten la generación de biocombustibles, un beneficio adicional es que los biocombustibles obtenidos podrían ser usados en las diferentes etapas de producción del mezcal y probablemente generar beneficios económicos, sociales y ambientales a la región (Meza, 2018; Abreu, 2013; Chávez-Guerrero, *et al*, 2015; Chávez-Guerrero, *et al*, 2018; Montiel-Corona, *et al*, 2020, Marín-Batista, *et al*, 2016; Jiménez, 2011; Arreola-Vargas, *et al*, 2016; García-Depraect, *et al*, 2020).

Capítulo 6. CONCLUSIONES

- El mezcal es una bebida de importancia social, económica y cultural en México, y su producción va en aumento por la creciente popularidad a nivel nacional e internacional. Por ello es importante que se genere información acerca de cuántos productores artesanales existen para poder estimar cuántos litros se producen en el VTC, y poder estimar cuántos residuos sólidos y líquidos se generan en esta región de México, ya que estos datos

son desconocidos y son necesarios para poder crear estrategias de manejo de los residuos generados.

El Bagazo y las vinazas tienen una amplia y potencial diversidad de aprovechamiento, por lo que es relevante que en el VTC se generen estrategias de manejo de estos residuos. Cuando estos residuos tienen un mal manejo pueden ocasionar daños ambientales al suelo, aire y agua.

Es necesario realizar más estudios sobre los efectos que tienen el ambiente el bagazo, las vinazas y las hojas jimadas de los agaves, si bien, en la industria tequilera hay más conocimientos acerca del tema, en la industria mezcalera se deben generar, para sentar las bases con las opciones más viables que pueden realizar los palenques que producen mezcal artesanal y ancestral.

- El manejo adecuado de los residuos mezcaleros podría generar alternativas de trabajo para las personas del VTC, por lo que su fuente de ingresos se fortalecería y diversificaría. Si la sociedad encuentra beneficios en el manejo de sus residuos, es más probable que se involucren por el valor agregado que estos les generan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu. S. (2013) Aprovechamiento de *Agave tequilana* Weber para producción de bio-hidrógeno. Tesis de maestría. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. IPICYT.
- Acosta, N. & Íñiguez, G. (2009). Fertilizante orgánico obtenido de las vinazas tequileras y estiércol de caballo. *Revista Científica internacional* 2(62), 1-16.

- Albino-García, C., Cervantes, H., López, M., Ríos-Casanova, L. & Lira, R. (2011). Diversity and ethnobotanical facts of the weeds from Tehuacan-Cuicatlán Valley: San Rafael, Coxcatlán Municipality, Puebla. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(3).
- Alpuche, A.G. (2005) Aprovechamiento del bagazo de maguey verde (*Agave Salmiana*) de la agroindustria del mezcal en San Luis Potosí para la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). Tesis de Maestría. Recuperado de: <https://207.249.117.41/jspui/handle/1010/989>
- Arreola-Vargas, J., Jaramillo-Gante, N., Celis, L., Corona-González, R., González-Álvarez, V. & Méndez-Acosta, R. (2016). Biogas production in an anaerobic sequencing batch reactor by using tequila vinasses: effect of pH and temperature. *Water, Scienc & Technology*, 73.3, 550-556.
- Bautista, J. A. & Ramírez-Juárez, J. (2008). Agricultura y pluriactividad de los pequeños productores de agave en la región del mezcal, Oaxaca, México. *Agricultura Técnica Mexicana* 4.
- Blancas, J., Casas, A., Rangel-Landa, S., Moreno-Calles, A., Torres, I., Pérez-Negrón, E., ... & Caballero, J. (2010). Plant management in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Economic botany*, 64(4), 287-302.
- Blanco, D. (2019) "Exportaciones de mezcal aumentan 47% en primer semestre de 2019" en El Financiero. Recuperado de: <https://elfinanciero.com.mx/economia/exportacion-de-mezcal-aumenta-47-en-el-primer-semestre>.
- Caballero-Caballero, M., Montes-Bernabé, J. & Silva-Rivera, M. (2013) Innovación de un molino de agave cocido para la producción de mezcal. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 22, 45-49.

- Casas, A., Valiente-Banuet, A., Viveros, J.L., Caballero, J., Cortés, L., Dávila, P., Lira, R. & Rodríguez, I. (2001). Plant resources of the Tehuacán-Cuicatlán valley, Mexico. *Economic Botany* 5, 129-166.
- Castillejos, S. (2015) Producción de lacasa a partir de hongos ligninolíticos utilizando vinazas y bagazo de origen mezcalero. Tesis de maestría. Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Cea, G., Imperial, R., Torres, I. & Van Den Hende, S. (2020). Converting tequila vinasse diluted with tequila process water into microalgae-yeast flocs and dischargeable effluent. *Bioresource Technology* 300.
- Chávez-Guerrero, L, Flores, J. & Kharissov, B. (2010). Recycling of ash from mezcal industry: A renewable source of lime. *Chemosphere* 81, 633-638.
- Chávez-Guerrero, L., Garza-Cervantes, J., Cantú-Cárdenas, E., Garza-Cervantes, J., Ortiz-Martínez, M., Elizondo-Escamilla, D., Salazar-Salazar, O. & Caballero-Hernández, D. (2015). Transformación termoquímica de biomasa residual y su actividad bactericida. *Ingenierías* 67, 12-18.
- Chávez-Guerrero, L., Silva-Mendoza, J., Cantú-Cárdenas, E. & Sepúlveda-Guzmán, S. (2016). Enzymatic Hydrolysis of *Agave Salmiana* Cellulose. *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering* 99, 19-25.
- Chávez-Guerrero, L., Garza-Cervantes, J., Caballero-Hernández, D., González-López, R., Sepúlveda-Guzmán, S. & Cantú-Cárdenas, E. (2017). Synthesis and characterization of calcium hydroxide obtained from agave bagasse and investigation of its antibacterial activity. *Revista Internacional Contaminación Ambiental* 33 (2), 347-353.

- Chávez-Guerrero, L., Salinas-Montelongo, J. & Esquivias-Fierro, A. (2018). A simple method to obtain purified CaCO₃ using fly ash as a raw material. *Materials letters*.
- CONABIO (2010). Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán Cuicatlán. Recuperado de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/pdf/libros/AvtparteA.pdf>
- CONABIO (s/a). Regiones terrestres prioritarias de México. Recuperado de: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/documentos/rtp_121.pdf
- CONANP (2013). Programa de manejo Reserva Tehuacán Cuicatlán. Recuperado de: https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/123_libro_pm.pdf
- Consejo Regulador del Mezcal (2018). Informe estadístico 2018. Recuperado de: http://www.crm.org.mx/PDF/INF_ACTIVIDADES/INFORME2018.pdf
- Consejo Regulador del Mezcal (2020). Informe estadístico 2020. Recuperado de: <http://crm.org.mx/informes.php>
- Cortés-Martínez, C.I. & García-Méndez, R.F. (2016). Morphology of the Bagasse Fibers Obtained from the Elaboration Process of Mezcal and Effects on Their Tensile Properties, *Journal of Natural Fibers*.
- Crespo, M. (2011). Proceso de compostaje de bagazo de agave tequilero a gran escala y uso de la composta para el cultivo del *Agave tequilana* en contenedor. Tesis de doctorado. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara.
- Crespo-González, M., González-Eguiarte, D., Rodríguez Macías, R., RUIZ CORRAL, J. & Durán Puga, N. (2018). Caracterización

- química y física del bagazo de agave tequilero compostado con biosólidos de vinaza como componente de sustratos para cultivos en contenedor. *Revista Internacional Contaminación Ambiental* 34(3), 373-382.
- Crespo-González, M., López-Alcocer, F. & Castro-Ibáñez, J. (2014). El uso racional del bagazo de agave y las estrategias de reproducción campesina en el occidente de México. Una reflexión. En Complejidad y desafíos de la transformación social, de la ciencia a la agencia. Ed. De la noche, Guadalajara México.
- Cushman, J., Davis, S., Yang, X. y Borland, A. (2015). Development and use of bioenergy feedstocks for semi-arid and arid lands. *Journal of Experimental Botany* 66(14), 4177-4193.
- Dávila, P., Arizmendi, M. D. C., Valiente-Banuet, A., Villaseñor, J. L., Casas, A., & Lira, R. (2002). Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán valley, Mexico. *Biodiversity & conservation*, 11(3), 421-442.
- Davis, S. & Long, S. (2015), Sisal/Agave. *Industrial Crops*, Handbook of Plant Breeding 9, Chapter 15, 335-349.
- De Ávila, A. (2019). Flora y cultura en una fosa tectónica. *Revista Arqueología mexicana* 25(155), 40-48
- Delgado-Lemus (2008). Aprovechamiento y disponibilidad espacial de *Agave potatorum* en San Luis Atolotlán, Puebla, México. Tesis de maestría. Centro de investigaciones en ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Delgado-Lemus, A., Torres, I., Blancas, J., & Casas, A. (2014). Vulnerability and risk management of Agave species in the Tehuacán Valley, México. *Journal of Ethnobiology Ethnomedicine* 10, 53.

- DOF, Diario Oficial de la Federación (2016). Norma mexicana NORMA Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones. Recuperado de: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5472787&fecha=23/02/2017
- Escalera, A. (2015). Aprovechamiento del bagazo de agave tequilero en la elaboración de precursores de vainilla. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán. Instituto Politécnico Nacional.
- Estocapán, G. (2017). Determinación de nicho de regeneración de *Agave marmorata* en el valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla.
- Flores-Trujillo, A.K.I., Mussali-Galante, P., de Hoces, M. C., Blázquez-García, G., Saldarriaga-Noreña, H.A., Rodríguez-Solís, A., Tovar-Sánchez, E., Sánchez-Salinas, E. & Ortiz-Hernández, L. (2020). Biosorption of heavy metals on *Opuntia fuliginosa* and *Agave angustifolia* fibers for their elimination from water. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18, 441-454.
- García-Depraect, O., Muñoz, R., Van Lier, J.B., Rene, E.R., Díaz-Cruces, V.F., León, & Becerril, E. (2020) Three-stage process for tequila vinasse valorization through sequential lactate, biohydrogen and methane production, *Bioresource Technology*
- García-Herrera, E.J., Méndez-Gallegos, S.J. & Talavera-Magaña, D. (2010). El género *Agave* spp en México: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. *Revista Salud Pública y Nutrición, Edición Especial* 5, 109-129.
- García-Mendoza, A J. (2007). Los agaves de México. *Ciencias* 87: 14-23.

- García-Mendoza, A. (2011). Fascículo 88. AGAVACEAE. En: Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología UNAM.
- García-Mendoza, A., & Galván, R. (1995). Riqueza de las familias Agavaceae y Nolinaceae en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 56, 7-24.
- Garza, G. (2016). Transformación del bagazo de agave para el desarrollo de nuevos materiales. Tesis de maestría. Facultad de Arquitectura. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Gentry, H.S. (1998). Agaves of Continental North America. *The University of Arizona Press*. Tucson.
- Gómez-Guerrero, A. (2014). Producción de biogás a partir de bagazo y vinaza del *Agave angustifolia* Haw generada como residuo en la elaboración de mezcal. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario para el desarrollo integral regional unidad Oaxaca. Instituto Politécnico Nacional.
- Gómez-Guerrero, A., Valdez-Vázquez, I., Caballero-Caballero, M., Chiñas-Castillo, F., Alavéz-Ramírez, J. & Montes-Bernabé, J. (2018). Co-digestion of *Agave angustifolia* Haw bagasse and vinasses for biogas production from mezcal industry. *Revista Mexicana de ingeniería química* 18(3), 1073-1083.
- Hidalgo-Reyes, M., M. Caballero-Caballero, L. H. Hernández-Gómez, and G. Urriolagoitia-Calderón. 2015. Chemical and morphological characterization of *Agave angustifolia* bagasse fibers. *Botanical Science* 93 (4): 807-817.
- Hoz-Zavala, M. E. & Nava-Diguero, P. (2017). Situación del Agave y sus residuos en Tamaulipas. *Revista de Energías Renovables* 1, 119-31.

- Ibarra-Camacho, R. & León-Duarte, L. (2018). Caracterización químico-física de vinazas de destilerías. *Ciencia en su PC* 1(2), 1-13.
- Ibarra-Camacho, R., León-Duarte, L. & Osoria-Leyva, A. (2019). Caracterización fisico-química de vinazas de destilerías. *Revista Cubana de Química* 31(2).
- IMPI, Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (2018). Conoce las modificaciones a la Declaración General de Protección a la Denominación de Origen "Mezcal". Recuperado de: <https://www.gob.mx/impi/es/articulos/conoce-las-modificaciones-a-la-declaracion-general-de-proteccion-a-la-denominacion-de-origen-mezcal?idiom=es>
- Íñiguez, G. & Hernández, R. (2010). Estudio para la rehabilitación de una planta de tratamiento de vinazas tequileras mediante un floculante polimérico de poliacrilamida (PAM). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 26(4), 299-311.
- Íñiguez, G., Martínez, G.A., Flores, P.A. & Virgen, G. (2011a). Utilización de subproductos de la industria tequilera. Parte 9. Monitoreo de la evolución del compostaje de dos fuentes distintas de bagazo de agave para la obtención de un substrato para jitomate. *Revista. Internacional de Contaminación Ambiental* 27.
- Íñiguez, G., Valadez, A., Manríquez, R., Moreno, M. (2011b). Utilization of by-products from the tequila industry: Part 10 Characterization of different decomposition stages of Agave tequilana Webber bagasse using FTIR spectroscopy, thermogravimetric analysis and scanning electron microscopy *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(1), 61-74.

- Jiménez, C. (2011). Arranque y estabilización de un reactor ua5b metano génico alimentado con vinazas tequileras. Memoria residencial profesional. Instituto Tecnológico de Colima.
- Jiménez-Muñoz, E., Prieto-García, F., Prieto-Méndez, J., Acevedo-Sandoval, O. & Rodríguez-Laguna, R. (2016). Caracterización fisicoquímica de cuatro especies de agaves con potencialidad en la obtención de pulpa de celulosa para elaboración de papel. *DYNA* 83(197): 233-243.
- Jiménez-Muñoz, E., Prieto-García, F., Prieto-Méndez, J., Acevedo-Sandoval, O. & Rodríguez-Laguna, R. (2017). Obtención de pulpa de celulosa a partir de residuos de *Agave salmiana* B. Otto ex Salm. Optimización. *DYNA* 84(200), 253-260.
- Marin-Batista, J., Salazar, L., Castro, L. & Escalante, H. (2016). Co-digestión anaerobia de vinaza y gallinaza de jaula: alternativa para el manejo de residuos agrícolas colombianos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(2), 6-12. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.53853>
- Martínez-Gutiérrez, G. A., Íñiguez Covarrubias, G., Ortiz-Hernández, Y. D., López-Cruz, J. Y., & Bautista Cruz, M. A. (2013). Tiempos de apilado del bagazo del maguey mezcalero y su efecto en las propiedades del compost para sustrato de tomate. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(3), 209-216.
- Martínez-Gutiérrez, G.A., Zarate-Altamirano, G. & Urrustarazu, M. (2012). Maguey Bagasse waste as sustainable substrate in soilless culture by melon and tomato crop. *Journal of plant nutrition* 35, 2135-2144.
- Martínez-Orozco, E., Gortares-Moroyoqui, P., Santiago-Olivares, N., Napoles-Armenta, J., Ulloa-Mercado, R., Mora-Orozco, C., Leyva-Soto 5, L., Alvarez-Valencia, L. & Meza-Escalante, E. (2020).

- Tequila Still Distillation Fractioned Residual Streams for Use in Biorefinery. *Energies* 13.
- Meza, L. (2018). Biorefinería del bagazo de Agave tequilana: extracción de lignina por diferentes pretratamientos y producción de metano. Tesis de maestría. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.
- Montiel-Corona, V., Palomo-Briones, R. & Razo-Flores, E. (2020). Continuous thermophilic hydrogen production from an enzymatic hydrolysate of agave bagasse: Inoculum origin, homoacetogenesis and microbial community analysis. *Bioresource Technology* 306.
- Montufar, A & Anzures, N. (2014). El registro arqueológico e histórico del Maguey. *Arqueología Mexicana* 57, 12-13.
- Nuñez, H., Rodríguez, L. & Khanna, M. (2011). Agave for tequila and biofuels: an economic assessment and potential opportunities. *GCB Bioenergy* 3, 43-57.
- Ochoa, C. & Morales, C. (2020). Anuncian megaplanta para mezcal en Puebla. *Milenio*. Recuperado de: <https://www.milenio.com/negocios/anuncian-megaplanta-para-mezcal-en-puebla>
- Ordaz, L., Madrid, M., Rodríguez, F. & Bailón, A. (2019). Aprovechamiento de los subproductos valiosos de la industria del mezcal en Durango. *Revista Ciencia Administrativa, Número especial* 1(1), 12-21.
- Ornelas, J.F., Ordano, M., Hernández, A., López, J.C & Perroni, Y. (2002). Nectar oasis produced by *Agave marmorata* Roezi (Agaveaceae) lead to spatial and temporal segregation among nectarivores in the Tehuacán Valley, México. *Journal of Arid Environments* 52, 37-51.

- Pacheco, Y. (2021). Mezcal de Tehuacán es reconocido como el mejor del país. Municipios Puebla. Recuperado de: <https://municipiospuebla.mx/nota/2021-04-22/tehuac%C3%A1n/mezcal-de-tehuac%C3%A1n-es-reconocido-como-el-mejor-del-pa%C3%ADs>
- Ramírez-Cortina, C., Alonso-Gutiérrez, M. & Rigal, L. (2012) Valorización de residuos agroindustriales del tequila para alimentación de rumiantes. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18 (3), 449-457.
- Robles-González, V., Galíndez-Mayer, J., Rinderknecht-Seijas, N., & Poggi-Varaldo, H. M. (2012). Treatment of mezcal vinasses: A review. *Journal of biotechnology*, 157(4), 524-546.
- Rodríguez, R., Jiménez, J., Del Real, J., Salcedo, E., Zamora, J., & Íñiguez, G. (2013). Utilización de subproductos de la industria tequilera. Parte 11. Compostaje de bagazo de agave crudo y biosólidos provenientes de una planta de tratamiento de vinazas tequileras. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(4), 303-313.
- Rodríguez-Contreras, F., Martínez-Rivera, I. & Palomera-García, C. (2016). Contextualización socioambiental del agave en Tonaya, Jalisco, México. *Región y Sociedad* 29 (70), 71-102.
- Rodríguez-Cortés, A. & Cerna-Hernández, C. (2017). El mezcal, su producción y tratamiento de residuos. *Revista Alianzas y tenencias* 2 (8), 10-14.
- Rojas-Martínez, A., Valiente-Banuet, A., Arizmendi, M.C., Alcantara-Eguren, A. y Arita, H. (1999). Seasonal distribution of the long-nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in North America: does a

- generalized migration pattern really exist? *Journal of biogeography*, 26, 1065-1077.
- Sánchez, A. (2015). Variación de la población de hongos micorrízicos arbusculares en un suelo agrícola por efecto de la aplicación de vinazas de la industria del tequila. Tesis de maestría. Centro de investigación y asistencia en tecnología y diseño del estado de Jalisco. A. C.
- Scheinvar, E. (2017). Agave, mescal tradicional, cultura y diversidad. Recuperado de: <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/todos-los-numeros/articulos-anteriores/303-agave-y-mezcal>
- SEMARNAT y CONANP (s/a). Tehuacán-Cuicatlán. Recuperado de: https://simec.conanp.gob.mx/ficha_pdf.php?anp=123®
- Stewart, J. (2015). *Agave* as a model CAM crop system for a warming and drying world. *Frontiers in plant science* 24 (6).
- Tetreault, D., McCulligh, C. & Lucio, C. (2020). Distilling agro-extractivism: Agave and tequila production in Mexico. *Journal of Agrarian Change*, 219-241.
- Toche, N. (2017). Tehuacán, cuna de un proyecto ecológico. *El Economista*. Recuperado de: <https://www.eleconomista.com.mx/arteseideas/Tehuacan-cuna-de-un-proyecto-ecologico-20171025-0168.html>
- Torres, I., Casas, A., Vega, E., Martínez-Ramos, M., & Delgado-Lemus, A. (2015). Population dynamics and sustainable management of mescal agaves in central Mexico: *Agave potatorum* in the Tehuacán-Cuicatlán Valley. *Economic Botany*, 69(1), 26-41.
- Valiente-Banuet, A., Arizmendi, M. D. C., Rojas-Martínez, A., & Domínguez-Canseco, L. 1996. Ecological relationships between

- columnar cacti and nectar-feeding bats in Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 12,103-119
- Valiente-Banuet, A., Casas, A., Alcántara, A., Dávila, P., Flores-Hernandez, N. Arizmendi, M., Villaseñor, J. & Ortega, J. (2000). La vegetación del Valle de Tehuacán Cuicatlán. *Botanical Sciences*. 67, 25-74.
- Valiente-Banuet, A., Aizen, M.A., Alcántara, J.L., Arroyo, J., Cocucci, A., ... (2015). Beyond the species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. *Functional Ecology*, 29, 299-307.
- Velázquez, A. (2019). Producción de hojas de papel a partir de la pulpa de bagazo de agave espadín (*Agave angustifolia* Haw). Tesis de Ingeniería. Facultad de estudio superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vidal, A. (2014). Producción de biogás a partir de bagazo y vinaza del *Agave angustifolia* Haw generada como residuo en la elaboración de mezcal. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral Regional. Instituto Politécnico Nacional.
- Vidales, H. (2019). Métodos de extracción de nanocelulosa a partir de residuos de *Agave* spp. Memoria técnica. Dirección de las carreras de procesos alimentarios y química, área biotecnología. Universidad Tecnológica del Valle de Toluca.
- Zambrano, J. (2021). En Puebla existen 200 empresas de mezcal certificadas. *El Sol de Puebla*. Recuperado de: <https://bit.ly/3he48eX>
- Zúñiga, C., Gandini, A. & Andrés, M. (2013). Caracterización ambiental de las vinazas de residuos de caña de azúcar resultantes de la producción de etanol. *DYNA* 80 (177), 124-131

ANEXOS

Anexo 1. Guión de entrevista

Saludo y presentación

1. ¿Qué tipo de mezcal se realiza en este palenque?
2. ¿Podría describir el proceso?
3. ¿Produce mezcal durante todo el año (o solo por temporada? Si es por temporada, ¿cuánto dura y cuánto produce?
4. ¿Qué magueyes son los que utilizan?
5. ¿Los obtiene del campo, los compra o los cultiva?
6. ¿Cuántas piñas se necesitan para hacer un litro de mezcal?
7. ¿Cuánto pesa una piña?
8. ¿Cuántas piñas necesitan para una cocida (una “carga” en el horno)?
9. ¿Cuánto bagazo se genera por litro de mezcal?
10. ¿Qué hacen en este palenque con el bagazo?
11. ¿Conoce algún (otro) uso que se le dé al bagazo?
12. ¿Conoce a alguien que lo haga?
13. ¿Para usted el bagazo representa algún tipo de problema?
14. ¿Le interesaría darle un uso al bagazo que produce su palenque?

Agradecimiento

ANEXO 2. Palenque Eulogio

Fotografías del Palenque ubicado en Zapotitlán Salinas Puebla. La imagen 1 es una toma del bagazo de la producción de años anteriores al 2020. La imagen 2 es el bagazo sobrante del horneado de las piñas.

Imagen 1



Imagen 2



ANEXO 3. Etiquetas realizadas con bagazo mezcadero.

En las imágenes 3 y 4 se pueden observar fotografías de las etiquetas hechas a partir del residuo del bagazo, mismas que son realizadas y

utilizadas para identificar las botellas de mezcal ancestral del palenque de Amando y su padre.

Imagen 3

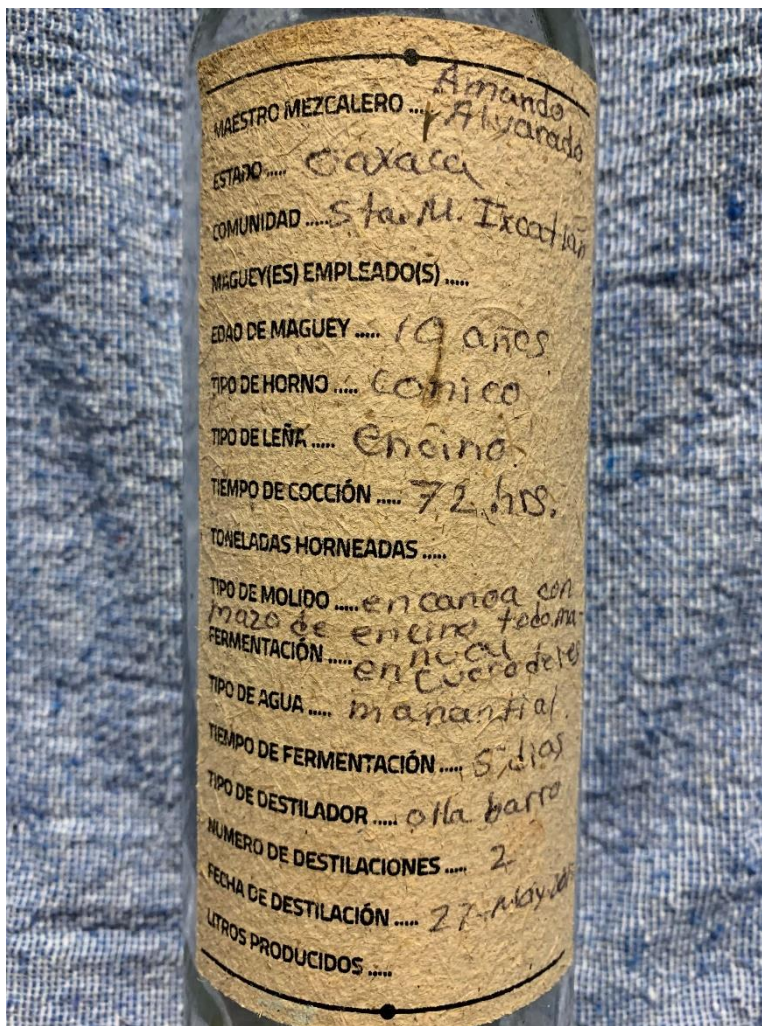


Imagen 4



Cuernavaca, Morelos a 15 de mayo de 2021

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESIS, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESIS QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **SUSANA PÉREZ DÍAZ**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA 10034045, BAJO EL TÍTULO “RESIDUOS DE AGAVE EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL EN EL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

Dr. Alexis Joavany Rodríguez Solís



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ALEXIS JOAVANY RODRIGUEZ SOLIS | Fecha:2021-05-18 18:35:07 | Firmante

rFZcpyYpwzp6AqS0illak9z3x1sRLsyb1TLZfaTSF854vRh+vBbRdm3k3FBoecCoCQmWMeQPguoY4Cs2/0UzMH2bodTfYoUj0PM6PX8PS3z8FmaljkRey+6zsNu7IGdhDVzCDh+ynNT6b9zuSC6oJedyQAwi0LDtCK0RtfnzELNBhwBYgt2CWnwxjsjeX1nUCe3RBo2pN9CJsWnl6CcvDMvuLtJeiKZSKBziCWPk6neVB3JzXikHwcmQwwbveg2RwLEKUAnuM0zH3kJwcZVuoLfl+Rx5n0cYYZKoKrJDxUU1KNQTSmyREYhgLsva56KHiaA8YAZHa8T3Dqdmj69WyA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



DNIQ8i

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/1m6gsp7xpxTxLDBCNZHKbcw6v1ht6RRC>



Cuernavaca, Morelos a 15 de Mayo de 2021

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **SUSANA PÉREZ DÍAZ**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA 10034045, BAJO EL TÍTULO “RESIDUOS DE AGAVE EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL EN EL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI VOTO **APROBATORIO** .

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

Dra. Ana Karen Ivanna Flores Trujillo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ANA KAREN IVANNA FLORES TRUJILLO | Fecha:2021-05-17 15:06:35 | Firmante

ZvB/jM1sksy5U9tyxG/afwmn0sd+w4IESlvtzOjZOGbCRjBBStMfWrzjTEIES6ZMe3pHB0yNK9XXJydUeQlxZ7zUDvkGc40wsl7TiSmEreolSZWqCxAmlVRGQ9QJEJ/iU5+ZXsLpdNdssrbg69r+s3drEihapvZ+glcFPfRb7iuzXt1clH9M//Rb51TRF2QqsRWycvG4abuiPkZ0mru6Jlu+cwr+oz2WxKHkem56QF68Fzgz/92/rmq3u2Y0njkr2jzRxf28VwliPvWu6QL1VKfjk3HMUTyH39KMK+cKREi0IE5QGQXf8d9dfG/iIEyDmZt6OFwvKAwadUO2Wz2w==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



9kaB3A

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/ohyhRgPjKOjBJKAmBTHUpR02t4aYv4rA>



Cuernavaca, Morelos a 17 de Mayo de 2021

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **SUSANA PÉREZ DÍAZ**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA 10034045, BAJO EL TÍTULO “RESIDUOS DE AGAVE EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL EN EL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

M. en C. Tania Sánchez Ortiz



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

TANIA SÁNCHEZ ORTIZ | Fecha:2021-05-25 10:04:19 | Firmante

Q4mQ6F9ZOzjCVpdYz4hkCS0aXu2/xcdZ4XUQgvoM30J9bVxzLNW1C4PqjzGpraeGraYHNCP3EoiF7Nmtkhs319Bn5MOPgOZW8OW6oxb2z5PBC5PKMcXrhFaDjilsI5LI4WFX
Y0APOvchyQd06PFL0gvVitJiNVynlcE/6ppVm512FmxJz1g8CN4IVZPbUe7KMZnE6MAHq1AwL2onjYR8QVxv4Y1pzyLM6Rj/gXE08mMZj+PWsYeYH90bb/ZtAYKgdwPKhPEVa
Wt1KIAj95kWwjgKxYO7AmTxV2Em0f/6aQl658Jg0CL/N1mpF0xaEHSjh/xhA5J33EXdpsZwYoUIQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[xF0Ctw](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/42eocYCwnoCvdc8dfTJfjN6XU9R8FHw7>



Cuernavaca, Morelos a 15 de Mayo de 2021

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **SUSANA PÉREZ DÍAZ**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA 10034045, BAJO EL TÍTULO “RESIDUOS DE AGAVE EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL EN EL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

M. en I. Ariadna Zenil Rodríguez



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ARIADNA ZENIL RODRIGUEZ | Fecha:2021-05-18 11:57:32 | Firmante

aSQmXDs70+rb/uYCL4QkFKpFmm4e+EMLJmUMzpHR9X4QKEqw8yG11N+QhIP/WfPpfN7WLKt65QdpfK/rxt0PPytw+6zks65xi66BGNi4szCydZ1FpxK2yAB9zV49V/W/AAgTwGgCNOCFACA6ecDo+TqxBROSMld0D1kDDbn4ZR7EUel1oCRPxWEqJ9sCIZwrzj18kAQrC1K614v2t7gvRgJS/HnOcjzaMmH9yloVtXUUhUFNFH8obsmmFBsrka5VIYeE4vfetZzL5JyrGGAOUgrjcQdYCO2G0tXBxpCX3OebvFWlNyYh+IPRHx5QR6hDB8aOR46i4fj8xgAC9vwRw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[gBhHrt](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/TIHFk2IHPNZOVU1PgdaqAqEzYb2Sz6cN>



Cuernavaca, Morelos a 15 de Mayo de 2021

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DE LA ESTUDIANTE C. **SUSANA PÉREZ DÍAZ**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA 10034045, BAJO EL TÍTULO “RESIDUOS DE AGAVE EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL EN EL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

MMRN. Julio César Lara Manrique



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JULIO CESAR LARA MANRIQUE | Fecha:2021-05-14 09:26:30 | Firmante

gggtW2St10rdeE8+gSdDRD74WU3P5EA+bPHBuNjU14MEDkP5hS463i6btdWuTN2ysV+TpR+3w5+D5NsWVxEoIOPdFZ858K1fdT4ONGWPFu2luHCauDKmVyu/xBmETHgJtqM46gjnU5SguqsoLRdPq77OMILdCQRp3Jdu4cOYKhD+l2+JmIKGnmz6v2qMEUQ6kdMz1SJ0barCpzYPEGyOmN6iqlqzOmezK8TYwBb//08DcMAXQBcE/0G08oRKIDptDHuGObk0S+YKvBeQuV7N+U11RCNrnWuqRDlnUUK0KvDNh2iXSo/VtDhavWjHdGucTryHkwhV5g4SCoEVpK8gQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[Jva2Pk](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/YfFDLLJv70HaiTmmSXyqX1b1GGQDuTXX>

