



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS

TESIS

“ANÁLISIS DE LA ECONOMÍA PULQUERA Y SU POTENCIAL COMO DESTILADO DE AGAVE”

DOCTORADO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

PRESENTA

YESSICA VIRIDIANA FERNÁNDEZ GALICIA

BAJO LA SUPERVISIÓN DE:

DRA. LETICIA MYRIAM SAGARNAGA VILLEGAS

Chapingo, Estado de México, a mayo del 2023



**"ANÁLISIS DE LA ECONOMÍA PULQUERA Y SU POTENCIAL COMO
DESTILADO DE AGAVE "**

Tesis realizada por Yessica Viridiana Fernández Galicia, bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

DIRECTOR:



DRA. LETICIA MYRIAM SAGARNAGA VILLEGAS

ASESOR



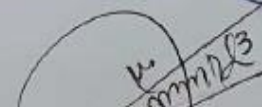
DR. MARCOS PORTILLO VÁZQUEZ

ASESOR:



DR. JOSÉ MARÍA SALAS GONZÁLEZ

ASESOR:



DR. MANRRUBIO MUÑOZ RODRÍGUEZ

LECTOR EXTERNO



DR. SAMUEL SANDOVAL SOLÍS

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes	4
1.2	Planteamiento del Problema.....	6
1.3	Preguntas de Investigación.....	8
1.4	Justificación e importancia.....	8
1.5	Objetivos	10
1.6	Hipótesis.....	11
1.7	Organización del trabajo.....	12
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1	Los destilados de Agave Mexicanos	12
2.2	La importancia económica de los Agaves pulqueros	27
2.3	Análisis bibliométrico	31
2.4	La Teoría de costos de productos agrícolas.....	32
2.5	Modelos de Pronóstico	34
2.6	Las Cadena de Suministro Agroalimentario (CSA)	37
III.	Análisis Bibliométrico de la cadena de producción de agave pulquero.....	46
IV.	El pulque: una perspectiva desde los agronegocios.....	66
V.	Pronóstico de demanda para destilados de agave fermentados en California.....	93
VI.	CONCLUSIONES GENERALES	115

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Especies de Agave utilizado para la producción de Mezcal	14
Cuadro 2. Proceso de producción de destilados de Agave	15
Cuadro 3. Revistas con mayor número de publicaciones sobre pulque	54
Cuadro 4. Índice H de publicaciones sobre pulque, aguamiel	55
Cuadro 5. Autores con mayor número de citas	57
Cuadro 6. Cuadro de autores más citados en temas relacionados con pulque y aguamiel.....	61
Cuadro 7. Países con citas y documentos de maguey pulquero	62
Cuadro 8. Costos Generales en Pesos de COMGY01 (por ha).....	81
Cuadro 9. Costos de operación, costos generales y costos de oportunidad (pesos)...	82
Cuadro 10. Costos de producción. COMGY01, 2020.....	83
Cuadro 11. Ingresos COMGY01, 2021(Pesos).	84
Cuadro 12. Flujos de efectivo COMGY01. 2021 (Pesos).	86
Cuadro 13. Ingresos, Costos y Saldo COMGY01. 2021 (Pesos por hectárea).....	86
Cuadro 14. Alternativas de comercialización COMGY01, COPU01 y COAGM01 2021.	87
Cuadro 15. Datos de exportación de destilados de agave a EE. UU.....	100
Cuadro 16. Modelo de regresión de exportaciones	102
Cuadro 17. Modelo de regresión múltiple DAP	104

Cuadro 18. Resultados del modelo de exportación	105
Cuadro 19. Coeficientes del modelo de exportación	105
Cuadro 20. Análisis de varianza modelos de tendencias de exportación	105
Cuadro 21. Ecuación de la recta modelo de exportación	106
Cuadro 22. Pronóstico del modelo de exportación	107
Cuadro 23. Notas de cata	109
Cuadro 24. Resultados del modelo de Disposición a pagar	110
Cuadro 25. Coeficientes del modelo de exportación	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organización del trabajo	12
Figura 2. Evolución de la superficie cultivada y cosechada de agave pulquero 1984-2020. (Hectáreas).....	28
Figura 3 Producción de aguamiel 1984-2020. (Miles de litros).....	29
Figura 4 Precio del litro de aguamiel por estado, 2019. (Pesos por litro).....	29
Figura 5. Superficie cultivada con Maguey pulquero por Estado. 2019. (Hectáreas)...	31
Figura 7. Clústeres sobre los principales temas sobre pulque y aguamiel	56
Figura 8. Artículos con mayor número de citas sobre maguey pulquero	58
Figura 9. Nube de palabras del análisis biblioshyni.....	58
Figura 10. Análisis de Co-currencias palabras clave del autor	59
Figura 11. Clústeres de Co-citacion de autores.....	60
Figura 12. Emparejamiento bibliográfico por países.....	62
Figura 13. Pronóstico de las exportaciones (Litros).....	107
Figura 14. Pronóstico del valor de la producción. (dólares).....	108

ABREVIATURAS UTILIZADAS

SIGLA	SIGNIFICADO
CAM	Metabolismo ácido de las crasuláceas
CSA	Cadena de Suministro Agroalimentaria
CD	Costo Desembolsado
CE	Costo Económico
CF	Costo Financiero
CO	Costos de Operación
CG	Costos generales
CT	Costos Totales
CRM	Consejo Regulador del Mezcal
CRT	Consejo Regulador del Tequila
DAC	Destilados de Agave Cocidos
DFA	Destilados de la Fermentación del aguamiel
FNE	Flujo Neto de Efectivo
DO	Denominación de origen
IND	Ingreso Neto Desembolsado
INF	Ingreso Neto Financiero
INE	Ingreso Neto Económico
INF	Ingreso Neto Financiero
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SIAVI	Sistema de Información Arancelaria Vía Internet
URP	Unidad Representativa de Producción

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo de investigación a las personas que viven del campo mexicano, que día a día se esfuerzan en sacar el trabajo adelante y mantener a sus familias, la labor que hacen es admirable. Esta investigación es una aportación en busca del reconocimiento de la actividad pulquera en México, con la finalidad de encaminar estrategias para desarrollar esta actividad de manera sostenible, y retribuyendo al agricultor el tiempo de cuidado y amor que entregan a los agaves pulqueros.

Este trabajo es motivado por el amor y ejemplo que quiero transmitir a mis hijos **Rubí, Iker y Matías**, agradecer el tiempo que compartieron en campo conmigo y en la Pulcata. Hijos siempre sigan sus sueños.

A mis padres Alfredo y Rubí por su amor y paciencia.

A mis hermanos Karla, Carlos y Cesar que me ayudan y me aman a pesar de mis defectos.

A José Luis por tu apoyo constante, amor y cuidado a nuestros hijos durante los siete meses de mi estancia de investigación.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a CONACYT, por financiar mis estudios de Doctorado, a la Universidad Autónoma Chapingo especialmente a DICEA por el apoyo brindado en el desarrollo de esta investigación.

A mis maestros, personal administrativo de la DICEA, y miembros de mi Comité que han guiado este trabajo. A mi directora Leticia Myriam Sagarnaga Villegas, por el apoyo en la investigación.

Doy gracias especialmente al Dr. Samuel Sandoval Solís profesor investigador de la Universidad de California, Davis por admitirme como parte del Water Management Lab gracias por guiar mis pasos durante la estancia predoctoral, por el tiempo invertido, y por mostrarme la agricultura en California y la necesidad de hacer agricultura sustentable en ambos lados de la frontera.

Al Maestro Marcos Portillo Vázquez que estuvo al pendiente de mi trabajo y aportó una gran cantidad de conocimientos al desarrollo de mi formación.

A todos los amigos que han ayudado de alguna manera a lograr este objetivo.

DATOS BIOGRÁFICOS

Yessica Viridiana Fernández Galicia es Texcocana, hija de Rubicelia Galicia López y Alfredo Fernández Gallegos. Madre, esposa y mujer comprometida con los objetivos que se plantea.

Economista egresada del Instituto Politécnico Nacional, realizó estudios de Maestría en Estrategia Agroempresarial en la Universidad Autónoma Chapingo.

Se ha desempeñado como consultor en proyectos de desarrollo rural territorial en diversos organismos públicos y privados en México, de los cuales sobresale International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y la Secretaría del Campo en el Estado de México.

Ha incursionado en actividades empresariales, entre los proyectos que se destacan son: producción, cuidado, manejo del *Agave salmiana*, así como diseño y operación de modelos de negocio innovadores para esta grandiosa planta.

RESUMEN GENERAL

ANÁLISIS DE LA ECONOMÍA PULQUERA Y SU POTENCIAL COMO DESTILADO DE AGAVE ¹

El agave es considerado un prodigio de la naturaleza, dentro de esta familia, el *A. salmiana* o pulquero destaca por su valor cultural, contribución a la sustentabilidad, utilidad alimentaria, nutricional y medicinal, así como la producción de alcohol; como el destilado de pulque. No obstante, su producción se realiza a baja escala, lo que dificulta la recopilación de datos sobre el cultivo, rendimiento, comercialización y valor económico.

Ante la creciente demanda de destilados de agave en el mundo, existen condiciones de mercado para posicionar los destilados de pulque en mercados internacionales. Para tal fin es necesario generar información de la cadena de suministro agave pulquero. Para ello se llevó a cabo una investigación que empleó técnicas bibliométricas para analizar la producción científica relacionada con los agaves pulqueros. Se realizó el análisis de viabilidad económica de la producción de pulque a través de metodología de costos, se modeló un pronóstico de las exportaciones de destilados de agave y se realizaron dos análisis sensoriales en ciudades de California, Estados Unidos. Los resultados muestran la existencia de áreas de oportunidad en la investigación científica sobre los agaves pulqueros, especialmente en temas económicos. El análisis de costos revela que la producción de pulque es un agronegocio rentable, con un adecuado manejo agronómico. Las exportaciones de destilados de agave hacia los Estados Unidos muestran una tendencia estable al alza, y los análisis sensoriales arrojan evaluaciones positivas. Se recomienda comercializar estos productos fortaleciendo vínculos entre productor y consumidor, a través de priorizar la calidad y proporcionar información sobre la sostenibilidad de la producción. De esta manera, se puede aprovechar el potencial económico del agave pulquero como motor de desarrollo para las comunidades pulqueras de México.

Palabras clave: destilados de agave, bibliometría, rentabilidad, pronóstico de demanda, análisis de sensibilidad

¹ Tesis de Doctorado en Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Yessica Viridiana Fernández Galicia

Director de tesis: Dra. Leticia Myriam Sagarnaga Villegas

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE PULQUE ECONOMY AND ITS POTENTIAL AS AN AGAVE DISTILLATE ²

The agave is considered a prodigy of nature, in this family, the *A. salmiana* or pulquero is known for its cultural value, contribution to sustainability, food, nutritional and medicinal usefulness, as well as the production of alcohol, such as pulque distillate. Nevertheless, its production is on a small scale, complicating the collection data on crop cultivation, yield, trade and economic value.

Due to the growing demand for agave distillates in the world, market conditions exist to position pulque distillates in foreign markets. To achieve this goal, it is necessary to provide information on the pulquero agave supply chain. For this purpose, a research that employed bibliometric techniques to analyze the scientific production in relation to pulqueros agaves. The economic viability analysis of pulque production was made through cost methodology, a forecast of agave distillate exports was also modeled, and two sensory analyses were done in cities of California, United States.

The results indicate the existence of areas for opportunities in the scientific research on pulqueros agaves, mainly in economic topics. The cost analysis reveals that pulque production is a profitability agribusiness, with proper agronomic management. The exports of agave distillates to the United States tend to increase steadily, and sensory analyses report positive evaluations.

The recommended approach to marketing these products is to strengthen the relationship between producer and consumer by prioritizing quality and providing information on the sustainability aspect of production. In this way, the economic potential of pulque agave can be used as a motor for the development of pulque communities in Mexico.

Keywords: agave distillates, bibliometrics, feasibility, demand forecasting, sensitivity analysis.

¹ Tesis de Doctorado en Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Yessica Viridiana Fernández Galicia
Director de tesis: Dra. Leticia Myriam Sagarnaga Villegas

I. INTRODUCCIÓN

En el hermoso paisaje mexicano, de norte a sur, sobresale una planta milenaria que por sus características fisiológicas y morfología ha sido descrita por diversos autores como una planta conspicua “*el metl*”, agave o maguey.

Metl es el nombre que los pueblos ancestrales utilizaron para esta planta, y fue descrita por Linneo en 1753 con el nombre de Agave que, en su raíz griega significa admirable; se cree que el nombre procede de los diversos usos que se le pueden dar a la planta y su carácter resiliente (Torreterra, 2011)

La palabra maguey fue traída por los conquistadores españoles y se cree que tiene un origen antillano taíno o arahuaco, fue descrita por primera vez por Hernán Cortes en 1520 (Rodríguez, 2004), actualmente este es su nombre común en México.

Diversos autores, Lappe-Oliveras et al. (2008) y Robelo (1911), coinciden en que la palabra mezcal se usaba, no solo para denominar a la bebida alcohólica, sino también a la planta de agave, por lo que de origen, los destilados de agave eran todos denominados como mezcal, y es correcto denominarlos de esa manera. Lo anterior se relaciona al proceso para obtener la bebida, ya que, la palabra mezcal deriva de *mezcalli* o *mexcalli* (Robelo, 1911), que es una palabra compuesta de *metl* que significa maguey y *calli* que significa cocido o hervido, es decir maguey cocido.

Existe una relación ancestral entre el maguey y la cultura mexicana, que se ha entrelazado en diversos periodos de la historia; es de resaltar la asociación que investigadores perciben entre el origen del nombre México y el maguey, argumentando que puede provenir de la vox *Mexihtli* “ombligo de maguey”, o *Mexihco* “lugar del ombligo del maguey” (Rodríguez, 2004).

La distribución geográfica de los Agaves comprende desde el sur de Estados Unidos a Venezuela, incluyendo las islas del Caribe adyacentes a la costa sudamericana (García-Mendoza, 2002).

La clasificación taxonómica de los Agaves fue realizada por Gentry (1982); sin embargo, por la alta combinación genética de las plantas han surgido nuevas especies, y otras se cree han sido doblemente clasificadas, es por ello que los investigadores han hecho saber la necesidad de seguir investigando este género para conocer su evolución y morfología (Granados Sanchez, 1993).

Con relación a lo anterior, destaca el trabajo realizado por García Mendoza et al (2019), quienes han realizado un estudio intenso sobre los Agaves y su clasificación taxonómica, el cual ha derivado en la identificación de 210 especies de Agave, de las cuales 130 son nativas de México.

México posee quizás la mayor diversidad de plantas en el mundo, con metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM), este tipo de metabolismo se encuentra presente en la familia de las agaváceas y cactáceas (Andrade et al., 2007).

Precisamente este tipo de metabolismo es parte de la riqueza fisiológica y biológica que tienen estas plantas, el CAM permite a la mayoría de los Agaves abrir sus estomas durante la noche, período en el que fijan carbono en ácidos orgánicos que se transforman durante el día en la producción de carbohidratos (García Mendoza, 2007).

El CAM de los Agaves les permite la acumulación de carbohidratos, lo que da como resultado que su composición química esté caracterizada por la presencia de fructanos, los cuales son considerados los principales carbohidratos de reserva en los Agaves, son almacenados principalmente en la cabeza de la planta. Los fructanos son una mezcla polidispersa de polímeros de fructosa, generalmente unidos a una molécula de glucosa (García-Villalba et al., 2022).

Los fructanos se encuentran en bacterias y plantas que pertenecen a la familia de las monocotiledóneas (Asparagaceae, Agavácea) y dicotiledóneas. Se han identificado cinco clases de fructanos: mezclas de fructanos ramificados, levana, neoserias de inulina, neoserias de levana e inulina. En estudios realizados identifican a la inulina como el principal carbohidrato de reserva (Ulloa et al., 2010).

Los fructanos así como saponinas, flavonoides y terpenos encontrados en los Agaves se han asociado a funciones, que colaboran en beneficio de la salud, y representan una alternativa médica como tratamiento auxiliar contra algunas enfermedades (López-Romero et al., 2018)

En este orden de ideas diversos autores como Sparg et al (2004), Peana et al (1997), Andrade-Cetto & Heinrich (2005) han identificado propiedades antiparasitarias, antivirales, cicatrizantes, antioxidantes, antiulcerogénicas, inmunomoduladores, hematoprotectores, neuroprotectoras, antimutagénicas, antiespasmódicas, hipolipemiantes e hipocolesterolémicas en los Agaves.

Todas estas características han inspirado a diversos investigadores a nombrar a la planta conspicua o admirable, no obstante, otro importante aporte que estas plantas brindan a los ecosistemas debido a su fisiología son: retención y formación de suelo agrícola, captación de CO₂, así como captación y manejo eficiente del agua, debido a succulencia de la planta (Ruvalcaba Mercado, 1983; Suáres, Narváez et al. 2020).

Sin embargo, desde tiempos ancestrales, el principal uso para la planta ha sido la producción de bebidas alcohólicas, con la elaboración de pulque en la época prehispánica y con la producción de destilados de Agave (con datos aún en duda sobre el inicio del proceso de destilación).

1.1 Antecedentes

Como se ha revisado en la introducción, los Agaves son plantas que tienen un alto valor biológico, cultural, medicinal y económico; el alto valor económico actual que han alcanzado algunas especies de Agave se debe al uso para la producción de bebidas alcohólicas, gracias a la capacidad de acumular una gran cantidad de azúcares en las cabezas o piñas de los Agaves.

El pulque y el mezcal son dos bebidas alcohólicas tradicionales mexicanas de Agave. El pulque se obtiene por la fermentación espontánea de la savia o aguamiel de los agaves pulqueros y es considerado la bebida alcohólica ancestral e icónica de México (Gonçalves de Lima, 1990).

Por otro lado, están los destilados de Agave cocido; denominados de manera tradicional mezcales (Lappe-Oliveras et al., 2008) y es correcta esta denominación, es decir todos los destilados de Agave que incluyan en su proceso de producción el cocimiento de piñas, fermentación y destilación tales como el tequila, mezcal, raicilla, bacanora son mezcales de origen.

Se cree que la palabra pulque es un barbarismo español, derivado del término “*poliuhqui*” que designaba la bebida en su estado descompuesto (Samorini, 2021).

El proceso de producción del pulque y los mezcales es completamente diferente; no obstante, existe una conexión entre estas bebidas; ya que, del pulque se puede obtener un destilado de Agave o un aguardiente como es descrito por algunos autores (Enciso, 1950; Suárez et al., 2016).

La diferencia entre los mezcales y el que se ha denominado destilado de pulque radica en la especie de agave y su proceso de producción. El destilado de pulque se obtiene de la doble destilación del pulque para obtener una bebida cristalina, con notas que recuerdan el olor y sabor del aguamiel y del pulque propiamente.

Este destilado se estandariza a la graduación alcohólica seleccionada por el maestro destilador, actualmente la bebida, no cuenta con un marco normativo que permita regular su producción.

Para fines de esta investigación se diferenciarán la existencia de dos tipos de destilados de Agave i) los que provienen del cocimiento de las piñas y ii) los producidos a partir del fermento de la savia o aguamiel de los Agaves pulqueros. Para diferenciar los destilados de forma sencilla se les denominará: destilados de Agave cocido (DAC) y destilados de la fermentación del aguamiel (DFA).

Los DAC ostentan un mayor reconocimiento por los mercados nacionales e internacionales, se obtienen de diferentes especies de Agave y han experimentado un aumento en la categoría global de licores a base de esta planta; de acuerdo con datos de IWSR (2022) el consumo creció 18% en 2021; y se espera que la categoría crezca a una tasa compuesta anual de volumen del 7%, entre 2021-2026.

El procedimiento estándar para la obtención de mezcales incluye la selección de agaves, capado, jimado, cocimiento de piñas, molienda, fermentación, destilación, estandarización y finalmente envasado; el procedimiento a detalle se aborda en la revisión de literatura de esta disertación.

Los DFA nombrados en esta investigación son el destilado de pulque y el comiteco, ambas bebidas no cuentan con Denominación de origen y se carece de un marco regulatorio claro. El proceso de producción de estas bebidas comienza con la selección de agaves, capado, raspado, fermentado y destilación (en el caso del comiteco la evaporización del aguamiel y después su fermentación), a diferencia de los DAC las piñas no son cocidas; por el contrario, la piña se convierte en el lugar de producción del aguamiel, que será extraída de manera paciente por los tlachiqueros.

La producción de agaves pulqueros se concentra en el centro del país y es una alternativa de desarrollo para las comunidades del altiplano central mexicano

(Suárez et al., 2016). Esta actividad es una fuente de ingresos importante para esta región, aunque ha enfrentado múltiples desafíos, actualmente existen proyectos de desarrollo locales que buscan posicionar diferentes subproductos del pulque.

Entre los subproductos del pulque están: el pulque enlatado, la inulina, el jarabe de aguamiel, helados y paletas de pulque, pan, y el destilado de pulque.

Con el posicionamiento de estos productos en mercados formales se contribuye a detonar desarrollo dentro de las comunidades del centro de México, sin embargo, es importante considerar que, para mantener los beneficios en servicios ambientales que proporciona la planta, es necesario realizar un manejo integral con enfoque de sostenibilidad.

No obstante, para un agricultor o microempresa que incursiona en la innovación de nuevos productos, resulta difícil posicionarse en el mercado debido a la falta de información, la competencia, los costos de producción y transacción inherentes en la cadena de suministro. Los cuales son aún más para el sector de bebidas alcohólicas, sector que está dominado por empresas trasnacionales que invierten cantidades millonarias en investigación de mercado y estrategias de marketing.

A pesar de ello, hay acciones que se pueden llevar a cabo para incrementar sus posibilidades de éxito, como la localización de mercados específicos, alianzas estratégicas y el desarrollo de vínculos más estrechos con el consumidor a través de circuitos cortos de comercialización.

1.2 Planteamiento del Problema.

El Agave tiene múltiples usos, los cuales han contribuido al desarrollo de la economía en México desde tiempos ancestrales; en la actualidad el crecimiento acelerado de la producción de los destilados de agave, impulsado por la alta

demanda en el mercado de tequila y mezcal, ha despertado el interés por desarrollar otras experiencias sensoriales a partir de los derivados de Agave.

Esta inercia ha permeado en la producción de pulque, bebida ancestral de México; sin embargo, su consumo no es generalizado, en parte por la naturaleza de la bebida; ya que, el proceso de fermentación no se detiene naturalmente debido a los organismos involucrados en este proceso, lo que lo hace altamente perecedero.

Con la finalidad de impulsar su consumo y con ello la cadena de valor que participa en su proceso de producción, en los últimos años se ha promovido la diversificación de subproductos derivados del pulque por microempresas y organizaciones de agricultores del centro del país.

Entre los productos con un mayor potencial para incursionar en el mercado; se encuentra el destilado de pulque, bebida bidestilada de la fermentación del pulque. que se convierte en un destilado de agave con propiedades organolépticas especiales y características que lo diferencian de otros destilados de Agave; convirtiéndolo en una bebida con un alto potencial para su desarrollo comercial.

No obstante; en la actualidad la producción de pulque en México se realiza de forma microindustrial y los datos económicos con los que se cuentan, son insuficientes.

Ante ello es necesario generar información, económica que permita generar modelos de desarrollo sustentable para esta cadena de producción; tomando en cuenta las circunstancias actuales de las cadenas de suministro tequila y mezcal que han desarrollado un mercado mundial en crecimiento, pero con un alto impacto en las comunidades rurales de producción en términos de sustentabilidad y de erosión cultural.

Por lo anterior es necesario diseñar cadenas de suministro que incluyan una visión integral en el manejo, producción, distribución y comercialización, que fomente vínculos estrechos entre el productor y consumidor. lo que puede lograrse con la identificación de nichos de mercado con enfoque de sostenibilidad y con una mayor cuota de ganancia de las comunidades rurales mexicanas.

Para ello es necesario establecer un indicador línea base, o estado del arte de la cadena de producción, desde el punto de vista económico; ya que, en la actualidad es considerada una cadena de valor emergente, de la que se carece de información económica básica.

La falta de información de los destilados del pulque en el mercado, aunado a la falta de reconocimiento legal de su existencia, pone en riesgo el desarrollo competitivo de esta cadena de producción.

Este tipo de información permite a los actores tomar decisiones informadas, y mejorar la eficiencia y rentabilidad de la cadena en su conjunto.

Ante ello, la investigación que se presenta tiene como principal objetivo el generar información que ayude al desarrollo comercial y económico de esta cadena de producción, de origen ancestral que lucha por su sobrevivencia.

1.3 Preguntas de Investigación

1. ¿Cuáles son las líneas de investigación que se han abordado en la producción científica relacionada a los agaves pulqueros y el pulque?
2. ¿En qué condiciones de manejo es rentable la producción de pulque?
3. ¿Existe potencial de mercado para la comercialización de destilados de pulque en California, Estados Unidos?

1.4 Justificación e importancia.

Según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en el año 2020 se produjeron 167,222 litros de aguamiel y fueron sembradas 7421

hectáreas de agave pulquero. De 1984 a 2020, la superficie sembrada de Agave pulquero registra una tasa de crecimiento de 13%. La producción de pulque ha sido un medio de subsistencia para las comunidades focalizadas en el centro del país, en los últimos años se ha identificado un aumento en el consumo. lo que ha propiciado el surgimiento de diversos modelos de negocio alrededor de esta bebida.

La producción de destilados de pulque es una alternativa que puede incidir positivamente en el desarrollo de la cadena de valor maguey pulquero debido principalmente a la larga vida de anaquel de este producto; y el interés creciente del mercado mundial por las bebidas destiladas a base de Agave.

Para ello es clave desarrollar la cadena de valor con un enfoque de sostenibilidad al interior de las comunidades y con ello fomentar la economía local.

Al fomentar la economía local cuidando el uso de prácticas agrícolas sostenibles, promoviendo la identidad cultural y marcas regionales, así como una mayor vinculación al mercado, se cataliza el desarrollo económico de manera sostenible.

Sin embargo, para el logro de estos objetivos es necesario contar con información económica y de mercado que permita aumentar la eficiencia en la cadena de suministro, este tipo de información permite a las empresas u organizaciones comprender las preferencias del consumidor, adaptar productos y procesos, desarrollar estrategias marketing, así como analizar la factibilidad económica de la cadena de suministro.

En este trabajo de investigación se busca generar información relevante para esta cadena de suministro emergente, tales como la producción científica en torno a los agaves pulqueros y el pulque, el análisis de la viabilidad económica de este cultivo, y generar pronósticos de demanda que ayuden a los actores económicos participantes en esta cadena a una mejor toma de decisiones.

Contar con información documental, económica y de pronóstico de mercado es importante para la toma de decisiones de los participantes ya que les permite planificar sus finanzas, evaluar riesgos y oportunidades, tomar decisiones estratégicas y comprender mejor su entorno.

Actualmente la gestión eficiente de la cadena de suministro desempeña un rol crítico en el éxito de las cadenas de valor, si una empresa no genera una cadena de suministro eficiente puede tener dificultades para satisfacer la demanda de sus productos, y el inicio de este esquema es contar con información que permita anticipar posibles problemas y encontrar soluciones a tiempo.

La investigación pretende brindar información sobre la demanda de destilados de agave en Estados Unidos, que estimule la implementación de una cadena de suministro agroalimentaria para pequeñas y medianas agroempresas.

La consideración de exportar al mercado estadounidense se sustenta en el aumento de la demanda de comida y bebidas mexicanas en ese país, más de 233 millones de estadounidenses utilizan ingredientes o productos mexicanos como parte de su alimentación (Statista, 2019). El aumento de la población hispana en Estados Unidos ha permitido que el gusto por la comida mexicana se haya expandido de una manera sorprendente a lo largo y ancho de Estados Unidos.

1.5 Objetivos

Objetivo General

Generar información económica y financiera sobre la producción de pulque y sus destilados, que apoye el posicionamiento de estos productos en mercados de exportación y el desarrollo de la cadena de suministro con criterios de sostenibilidad.

Objetivos particulares

1. Analizar la estructura de la producción científica relacionada a los Agaves pulqueros y el pulque con la finalidad de identificar tendencias, brechas y áreas de oportunidad para futuras investigaciones.
2. Estimar y cuantificar costos e ingresos de la producción de *Agave salmiana* con la finalidad de determinar si puede considerarse un agronegocio rentable
3. Pronosticar el comportamiento de la demanda de los destilados de agave en el mercado de Estados Unidos de América con la finalidad de determinar si existe potencial de mercado.

1.6 Hipótesis

Hipótesis General

El destilado de pulque es una bebida con poco reconocimiento en el mercado nacional e internacional, pero con un alto potencial de desarrollo, al ser un destilado de Agave 100% sin aditivos químicos, y con un proceso de fermentación natural; por tanto, el destilado de pulque se vislumbra como una opción viable para comercializarse en el mercado de Estados Unidos de América.

Hipótesis específicas

1. La producción científica relacionada con los Agaves pulqueros se ha enfocado en el análisis de las propiedades químicas del aguamiel y pulque, por lo que tiene un alto potencial en ejes temáticos relacionado a la economía y los negocios.
2. En los últimos años ha crecido el consumo de pulque, por lo que se piensa que este aumento ha impactado en la economía de las comunidades pulqueras, haciendo de la producción un agronegocio rentable.
3. Dado que han aumentado las exportaciones de tequila y mezcal a Estados Unidos de América, se espera que esta tendencia empuje la exportación de otros destilados de agave y que las preferencias del consumidor se

orienten a conocer aromas y sabores diferentes a través de cadenas de suministro con enfoque de sustentabilidad.

1.7 Organización del trabajo

El análisis de la investigación se propone en cinco capítulos en los que se abordarán de manera secuencial cada componente.

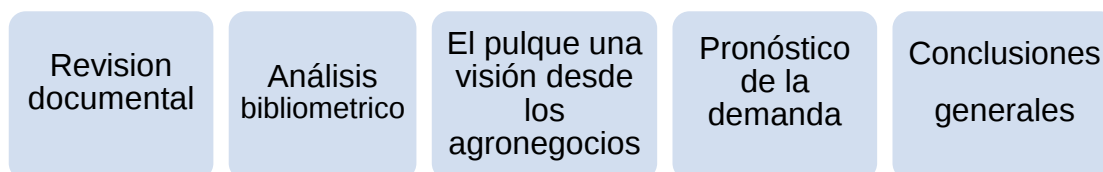


Figura 1. Organización del trabajo
Fuente: Elaboración propia

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Los destilados de Agave Mexicanos

El Agave ha sido usado como alimento, bebida, vestido, , vivienda, herramienta; y medicina tradicional; sin embargo, su principal uso es en la elaboración de bebidas alcohólicas (Pérez-Zavala et al., 2020).

Como se señaló anteriormente, para este trabajo de investigación se hace una diferenciación entre destilados de Agave cocido (DAC) y destilados de la fermentación del aguamiel (DFA).

Para entender cuáles son las diferencias entre estos destilados de Agave es necesario analizar el proceso de producción de cada uno de ellos, el cual se explica a continuación.

Para los DAC; de acuerdo la NOM-070-SCFI-2016, existen tres categorías para mezcal: ancestral, artesanal y el que se denominará industrial, para este trabajo de investigación, aunque esta Norma aplica para la producción de mezcales; es útil para disertar sobre los diferentes destilados y sus categorías.

Las principales diferencias entre las categorías son: materiales utilizados, grado de mecanización, y procesos de producción utilizados.

Para la producción ancestral se utilizan hornos de tierra o piedra, calentados por leña, la molienda en algunos casos se realiza manualmente, o con hachas, martillos; o bien con animales de carga. Para la fermentación se emplean ollas de barro, troncos, piel de ganado, tinas de tira de madera y pilas de ladrillo. Como alambique se usan ollas, y cazos de agua que funcionan como condensadores, también se observa el uso de elementos naturales como carrizos, anillos fabricados de la corteza de árbol (Serra Puche & Lazcano Arce, 2016).

Para la producción industrial se utilizan diferentes equipos para cada proceso, entre los que se pueden nombrar: desgarradora, tren de molinos de rodillos, tinas o tanques de fermentación de acero inoxidable abiertas o cerradas, columnas de destilación, hornos industriales de acero inoxidable llamados autoclaves, envasadoras y etiquetadoras automáticas (CRT, 2019; Casa Sauza, 2021). Estos son sólo algunos de los equipos y maquinarias que se utilizan en la producción industrial.

Los DAC se elaboran a partir de diferentes especies de Agave las cuales se especifican de acuerdo con la DO, la selección del Agave es clave para obtener una buena calidad de destilado, y los criterios que influyen: son grados de maduración de la planta, niveles de azúcar, peso de las piñas. La calidad del DAC producido también dependerá en gran medida de la calidad de los ingredientes utilizados y del proceso de producción que debe ser cuidadosamente controlado.

A través de las DO y las Normas Oficiales se regula la producción de cuatro DAC tequila, mezcal, bacanora y raicilla; en esta categoría es común encontrar al sotol, sin embargo, es importante resaltar que esta bebida alcohólica destilada proviene del Dasylirion una planta que pertenece a la familia Asparagaceae y la subfamilia Nolinaceae (Reyes-Valdes et al., 2012) por lo que no es un Agave; pero el proceso de producción es similar al usado para obtener destilados de Agave.

Para la producción de Tequila sólo debe ser utilizado el A. tequilana weber (NOM-006-SCFI-1994, 1994), en el caso del Bacanora debe utilizarse el A. angustifolia Haw producido en los municipios de Sonora que abarca la DO (Norma oficial Mexicana NOM-168-SCFI-2004, 2015), para el caso de la Raicilla A. Maximiliana Baker, A. Inaequidens Koch, A. Valenciana, A. Angustifolia Haw y A. Rhodacantha (Denominación de Origen Raicilla., 2015).

Para el Mezcal, la Norma no enumera las especies de Agave a utilizar, lo que establece es que el Mezcal debe ser de Agaves cuyo desarrollo biológico haya transcurrido en el área geográfica comprendida en la DO (NOM-070-SCFI-2016, 2015) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Especies de Agave utilizado para la producción de Mezcal

Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común
<i>Agave potatorum</i>	Maguey tobalá	<i>Agave sp.</i>	Maguey verde
<i>Agave angustifolia</i>	Maguey espadín	<i>Agave Karwinskii</i>	Maguey barril o Madrecuishe
<i>Agave americana</i>	Maguey arroqueño	<i>Agave kerchovei</i>	Maguey jabalí
<i>Agave americana</i>	Maguey sierrudo	<i>Agave asperrima</i>	Maguey cenizo
<i>Agave americana</i>	Maguey blanco, de pulque o coyote	<i>Agave aff. angustifolia</i>	Maguey espadín sin espinas
<i>Agave rhodacantha</i>	Maguey penca larga o mexicano	<i>Agave cupreata</i>	Maguey papalote
<i>Agave aff. tequilana</i>	Maguey mexicano azul o penca angosta	<i>Agave inaequidens</i>	Maguey Saguayo
<i>Agave aff. rhodacantha</i>	Maguey mexicano reyisto	<i>Agave salmiana Otto ex Salm-Dyck</i>	Maguey pulquero
<i>Agave durangensis</i>	Maguey cenizo	<i>Agave marmorata</i>	Maguey tepeztate

Fuente Elaboración propia con datos de (Mariles-Flores, 2016)

En la selección de la especie de Agave deben tomarse en cuenta el tamaño, peso, madurez, y contenido de azúcar; ya que, son determinantes para la calidad organoléptica del mezcal y para los sabores especiales, que cada especie de Agave proporciona al destilado (Serra Puche & Lazcano Arce, 2016).

El proceso para la obtención de los DAC y DFA se describe a continuación de manera genérica; ya que, existen particularidades, que cambian dependiendo del conocimiento y prácticas para su producción, lo cual es habitual en la forma de producción ancestral o artesanal; no así para la industria de los destilados, donde se maneja un proceso estandarizado.

Cuadro 2. Proceso de producción de destilados de Agave

Destilados de Agave cocidos	Destilados de pulque	Comiteco
Selección de agaves	Selección de agaves	Selección de agaves
Capado	Capado	Capado
Jima de piñas	Raspa y recolección de aguamiel	Raspa y recolección de aguamiel
Cocción de piñas	Fermentación	Cocimiento de aguamiel
Molienda de piñas	Destilación	Formulación del mosto
Fermentación		Fermentación
Destilación		Destilación

Fuente: Elaboración propia

Es importante acotar que, aunque básicamente el proceso de producción es el mismo para los DAC, en el caso del tequila el proceso es industrial en mayor medida, en cambio, para mezcal, raicilla, y bacanoras el proceso se elabora de manera artesanal en mayor medida.

Parte fundamental dentro del proceso de elaboración de los DAC artesanales y ancestrales es el maestro mezcalero, a quien se considera experto en la elaboración del destilado de Agave, quien es responsable del proceso de

producción del mezcal, abarcado desde la selección del Agave, hasta el embotellado.

El maestro mezcalero ostenta un conocimiento profundo de las diferentes variedades de Agave, conoce los procesos de destilación y envejecimiento utilizados para elaborar mezcal de alta calidad, determina el momento exacto en que las plantas de agave deben ser cosechadas, cuándo deben ser cocidas, así como el momento oportuno para la destilación; con la finalidad de obtener el sabor y aroma para producir mezcal de alta calidad, en pocas palabras imprime la sazón al mezcal (Espinosa et al., 2017; Pérez, 2007).

La producción de mezcal inicia con el capado o corte del quiote, después se deja un tiempo de añejamiento, que ayuda a la concentración de fructanos en la piña.

Después del tiempo de acumulación de azúcares en la piña, se realiza la jima, proceso para el corte de la piña; para ello son cortadas las pencas con un machete, el proceso de jima se debe llevar a cabo cuidadosamente. Posteriormente, son transportadas al palenque, vinata o destilería donde se realiza el proceso agroindustrial.

Considerando que el principal carbohidrato que contiene el agave es la inulina, que es un polímero de fructosa y glucosa, que no es susceptible de ser fermentado por las levaduras, es necesario realizar hidrólisis para obtener azúcares simples (principalmente fructosa) (CRT, 2019); es así como inicia el proceso, con el cocimiento de las piñas, o hidrólisis de los polisacáridos es decir el jugo de las piñas se transforma en azúcares.

Para este proceso las piñas deben ser cortadas uniformemente. Para el cocimiento son utilizados hornos cónicos tradicionales (tierra o mampostería), o bien hornos industriales de acero inoxidable llamados autoclaves. Es muy importante cuidar que las piñas no se quemen o entren en contacto directo con el fuego o piedras calientes. El proceso en hornos tradicionales puede llevar de

3 a 7 días a una temperatura entre 100 y 110°C (Serra Puche & Lazcano Arce, 2016).

El siguiente paso es la molienda, macerado o extracción de las piñas cocidas, el objetivo es extraer el jugo de las piñas, este proceso se realiza con tracción animal o motorizada (Serra Puche & Lazcano Arce, 2016). En el caso de los mezcales ancestrales y artesanales se utilizan hachas o martillos manuales, también es muy común usar la molienda circular, la cual es una piedra de cemento o piedra en la que gira otra piedra de entre 400 a 500 kilos en promedio y es tirada por un animal de carga.

También puede ser utilizado un molino de martillos; para el caso de los mezcales industriales es utilizado la combinación de desgarradora y un tren de molino de martillos (CRT, 2019).

Para la elaboración de tequila hay un procedimiento adicional, denominado formulación (CRT, 2019); el cual consiste en separar el que será 100% Agave y el que será adicionado con azúcares provenientes de fuentes distintas al agave, hasta en un 49% (*NOM-006-SCFI-1994*, 1994).

Para el tequila adicionado con otras azúcares, la formulación consiste en la mezcla de los azúcares extraídos del agave y de otra fuente para el proceso de fermentación.

En el proceso de fermentación se adicionan levaduras a los jugos de Agave, con la finalidad de descomponer los azúcares en alcohol y gas, en este proceso se ajusta el Ph. Las tinas de fermentación influyen en el sabor del mezcal, los materiales pueden ser de tabique, cemento o piedra, cuero de res, madera, ollas de barro o tinas de acero inoxidable (Serra Puche & Lazcano Arce, 2016).

En algunos destilados la fermentación se realiza de manera espontánea con levaduras naturales, en el caso del tequila generalmente se usan levaduras cultivadas.

Los factores que deben ser cuidadosamente monitoreados en esta etapa es la temperatura, el Ph, los nutrientes y la contaminación por organismos que compiten con las levaduras, el resultado de este proceso es el mosto fresco listo para iniciar la fermentación (CRT, 2019).

El siguiente proceso para la obtención del mezcal es la destilación, de acuerdo con Sánchez López (1989), la destilación consiste en calentar los mostos hasta la ebullición y en condensar los vapores desprendidos, por este medio es separado el alcohol de los elementos no volátiles del mosto.

La condensación se realiza lentamente a través de un serpentín. Los destiladores o alambiques pueden ser equipos de cobre, acero inoxidable, carrizo, acero inoxidable y hasta qurote de la planta.

Se pueden realizar una, dos o tres destilaciones, en el caso de realizar dos destilaciones, el objetivo de la primera es eliminar los componentes no deseables conocidos como vinazas.

En la primera destilación se obtiene el ordinario o punta, que es el producto de destilación más volátil y de menor calidad. Este líquido se separa y se descarta, ya que puede contener impurezas y compuestos no deseados (Gschaedler et al., 2020), en la primera destilación se puede obtener alcohol de hasta 70 grados.

En la segunda destilación se rectifica o se refina, en esta etapa se obtiene el llamado cuerpo del mezcal, el cuerpo contiene los sabores y aromas característicos de cada proceso de producción.

El cuerpo se destila a una temperatura más baja, que la primera destilación (Gschaedler et al., 2020), es obtenida una graduación menor, finalmente la bebida es estandarizada o refinada, lo cual consiste en su dilución en agua. En algunos casos, se puede realizar una tercera ronda de destilación para obtener un destilado de mayor calidad y menos volátil.

La siguiente etapa del proceso es la maduración, la cual deriva de la clasificación que se realiza dentro de la Norma para la producción de tequila y mezcal y son: blanco o joven, madurado en vidrio, reposado, añejo, extra añejo (tequila) y abocado (mezcal).

De acuerdo a la *NOM-070-SCFI-2016* el blanco o joven es incoloro y translúcido, y no es sujeto a ningún tipo de proceso posterior. El madurado en vidrio es el Mezcal estabilizado en recipiente de vidrio más de 12 meses, bajo tierra o en un espacio con variaciones mínimas de luminosidad, temperatura y humedad.

El reposado es aquel que debe permanecer entre 2 y 12 meses en recipientes de madera que garanticen su inocuidad, en un espacio con variaciones mínimas de luminosidad, temperatura y humedad.

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

Para el Tequila extra añejo, el proceso de maduración debe durar por lo menos tres años en contacto directo con la madera de recipientes de roble o encino, cuya capacidad máxima sea de 600 litros (CRT, 2019).

El abocado es aquel al que se incorporan directamente ingredientes para adicionar sabores, tales como gusano de maguey, damiana, limón, miel, naranja, mango, entre otros, siempre que estén autorizados por la Secretaría de Salud.

El principal motivo de envejecerlos en madera se debe a que este material, a través de sus poros, permite la penetración de oxígeno, y éste, junto a las sustancias que aporta la madera, determina la formación de diversos compuestos que influyen beneficiosamente en el refinado del destilado, dando un toque suave (Font Molina, 2011).

Finalmente, se realiza el proceso de embotellado y etiquetado, para ello se deben seguir las regulaciones aplicables por tipo de bebida a envasar.

En general, el proceso que explicado es utilizado para la producción de destilados de Agave cocidos, sin embargo, como se ha resaltado, en el mundo de los destilados de Agave existen otro tipo de destilados, aquellos que se originan de fermentación de aguamiel DAC. En el siguiente apartado el objetivo es precisamente explicar el proceso para la producción de este tipo de destilados y como se obtienen.

El proceso de producción comienza con la selección de las variedades a usar; ya que, como se ha explicado, la especie de Agave a utilizar es clave para la obtención de las propiedades organolépticas. En general se utilizan los Agaves conocidos como pulqueros, y las especies son de *A. salmiana*, *A. atrovirens*, *A. mapisaga* y *A. salmiana*, *A. Americana*, *A. potatorum*. (Escalante et al., 2013) y en el caso específico de la bebida denominada Comiteco, que se produce en Chiapas, se utilizan las variedades *A. Americana L.* y *Agave salmiana Otto ex Salm-Dyck* (Reynoso-Santos et al., 2012).

La primera etapa es la selección de los Agaves, los cuales deben ser plantas que ya han alcanzado la etapa de maduración (8 a 14 años dependiendo del manejo), para ello son monitoreados por el Tlachiquero, nombre que reciben los encargados de monitorear, capar y obtener el aguamiel. Los Agaves son capados antes de que brote el quilete de la planta (esto quiere decir que se corta la inflorescencia de la planta), esta práctica permite la concentración de azúcares en la piña. Después de ser capados, las plantas se dejan reposar por un lapso de cinco a siete meses.

Posteriormente a la etapa de reposo o añejamiento, se quitan las hojas y las pencas de la parte inferior del maguey con un machete o un hacha para despejar la zona de trabajo y dejar la puerta del maguey (es decir por donde entrar a la piña).

Se dejan las hojas superiores para que el maguey siga respirando y produciendo más aguamiel. Se hace una incisión o se pica la parte central de la planta (mezontete) para formar una cavidad cóncava (cajete), donde se juntará la savia

(Ballesteros R. & Sánchez T., 2021), esta cavidad debe ser resguardada, para tal efecto se hace una tapa con las pencas del agave para protegerla de insectos y polvo.

Estos procesos se deben realizar con cuidado y precisión, en la época del año adecuada, ya que, si son realizados de manera incorrecta, podría dañarse la planta y reducirse la producción de aguamiel.

Posteriormente, por un lapso de tres a siete meses, la pared del cajete se raspa diariamente en la mañana y por la tarde, para mantener el flujo de savia llamado aguamiel, que es generado por la planta y se acumula en el fondo del cajete, (Escalante et al., 2016).

El aguamiel es la savia del Agave, ligeramente traslúcida, un poco turbia, espesa, dulce, de sabor fresco y ligeramente ácida; la cual contiene agua, azúcares, proteínas, gomas y sales minerales como componentes más importantes (Escalante et al., 2013). El aguamiel obtenido de *Agave salmiana* es potencialmente rico en Inulina, carbohidrato que ha sido caracterizado como prebiótico (Ramírez, Higuera et al., 2007).

El proceso de extracción del aguamiel es el siguiente, se raspa el cajete por la mañana; en la tarde es necesario realizar la recolección del aguamiel que excretó la planta, para ello se utiliza un acocote y se aspira el aguamiel que se produjo de la raspa. El aguamiel es vertido en un recipiente, después de la recolección se raspa nuevamente el cajete y se retira el bagazo producido. Al día siguiente se realiza la misma operación, de extraer aguamiel, raspar y retirar el bagazo. Esta operación se debe realizar todos los días hasta que la planta pierda productividad y finalmente muera.

Los rendimientos de aguamiel que se obtienen son variables y dependen de la variedad de agave, del manejo agronómico, de la habilidad del Tlachiquero y finalmente de la temporada del año, por ejemplo, en tiempo de lluvias, la calidad

del aguamiel colectado no es buena. Los rendimientos por planta son mayores al inicio de la raspa, y van disminuyendo con la edad de la planta.

Los rendimientos de aguamiel reportados cambian dependiendo de la región y del manejo de los agaves. Vega-García et al (2023), para el estado de Hidalgo, reportó de dos a cuatro litros por planta diarios. En otro estudio Nieto Aquino et al (2016) reporta rendimientos para el maguey manso de 7 l/día, para el chalqueño de 9 l/día, para el ayoteco 8 l/día, para el xamini de 5 l/día, para el penca-larga o carricillo 5 l/día, para el maguey verde 5 l/día; los cuales fueron reportados para el estado de Hidalgo.

Para el estado de Coahuila se estimaron rendimientos de 4.5 l/día (Ávila-Lara et al., 2021); en el caso del Estado de México, derivado de esta investigación los agricultores reportaron rendimientos entre 10 y 15 l/día con la variedad ayoteco.

Después de obtener el aguamiel es llevado a los tinacales, el tinacal es el lugar donde se fermenta el aguamiel para la producción de pulque, debe estar ubicado en un lugar fresco y sombreado para evitar que el aguamiel se fermente demasiado rápido.

En el tinacal, el aguamiel se deja fermentar naturalmente, gracias a la presencia de bacterias del género *Zymomonas* y levaduras del género *Saccharomyces* en el aguamiel (Torres-Maravilla et al., 2016). El proceso de fermentación convierte el aguamiel en pulque, esta fermentación puede durar de cuatro a siete días. Anteriormente la fermentación se realizaba en cueros crudos de res (Enciso, 1950), tina de cerámica o de barro; en la actualidad se utilizan tinas de fibra de vidrio o de acero inoxidable.

El pulque es una bebida líquida de color blanco lechoso, viscosa y ligeramente ácida con una graduación alcohólica entre 4 y 7° GL y un historial de consumo que se remonta a la época prehispánica (Escalante et al., 2016), el pulque es conocido por sus propiedades nutricionales y medicinales. La producción de pulque es un arte que ha sido transmitido de generación en generación por los

productores artesanales, quienes cuidan con esmero cada etapa del proceso para obtener un producto de alta calidad.

El pulque es comercializado como una bebida de baja graduación alcohólica, sin embargo, se pueden obtener otros productos como: jarabe de Aguamiel, pan de pulque, postres (helados y paletas), y también es posible la obtención de destilados (Enciso, 1950), estos últimos con una mayor vida de anaquel.

Para la producción de destilados, es preferentemente utilizar un pulque que tenga por lo menos cuatro días de fermentado, lo que permite tener mayores rendimientos en la producción de alcohol.

El siguiente proceso es la destilación, en el caso del pulque se realizan dos destilaciones simples, en la primera destilación se obtiene una graduación alcohólica de hasta 70%, en la segunda destilación se refina el pulque y se obtiene una graduación menor, finalmente se estandariza con agua para obtener la graduación deseada.

Es importante resaltar que el pulque y los destilados de pulque no cuentan con Denominación de origen, por lo que es necesario un marco normativo para el impulso de estas bebidas.

Como se ha explicado en este apartado se describen los DFA, actualmente se conocen el destilado de pulque que proviene del proceso que se ha descrito para la obtención del pulque y el otro destilado de la fermentación del aguamiel es el comiteco; estos dos tipos de bebidas se caracterizan porque en su proceso de producción no son cocidas las piñas de Agave, estos dos destilados provienen de la destilación del aguamiel.

En caso del Comiteco, también se realiza la selección de agaves maduros, después son capados, posteriormente se va a obtener el aguamiel de la raspa del Agave, por un periodo de tres a siete meses; el rendimiento de aguamiel por

planta es de 500 a 700 litros de aguamiel por planta, el cual se obtiene de los *Agaves americana* y *salmiana* (Reynoso-Santos et al., 2012)

Lo que sigue es evaporar el aguamiel por ebullición hasta obtener una solución con unos 60°Brix, esta solución se llama miel. Este proceso permite concentrar el porcentaje de azúcar (Lara-Hidalgo et al., 2017). Posteriormente, esta miel es adicionada con agua desionizada hasta 22°Brix, piloncillo o panela de caña y una levadura madre para producir el mosto denominado Comiteco, este mosto se deja fermentar de manera natural hasta por 72 horas.

Después de la fermentación, el líquido se destila en alambiques de cobre o de acero inoxidable, produciendo el destilado de Agave, se destila únicamente una vez, para así obtener sólo el mejor alcohol (Lara-Hidalgo et al., 2017).

En algunos casos, el destilado se puede envejecer en barricas de madera para darle un sabor y aroma distintivo. El Comiteco es un mezcal típico de la región de Los Altos de Chiapas, México, y se caracteriza por su sabor y aroma a agave cocido, con notas de hierbas y especias.

Existe un debate sobre el origen de la destilería mexicana, pero ninguna de ellas ha sido definitivamente confirmada. Algunos investigadores afirman que es un proceso que se desarrolló desde la época prehispánica, en conjunto con el cocimiento de Agaves. Esta afirmación se sustenta por el hallazgo de hornos con restos de Agave cocido, encontrados en la zona arqueológica de Paquimé y en los hornos arqueológicos de Xochitécalt (Serra Puche & Lazcano Arce, 2016; Braniff C., 2001).

Oponiéndose a estas investigaciones, Bruman (1940) y Hernández Jesús & Iwadare Miguel (2015) proponen que el proceso de destilación fue conocido en México hasta que los españoles introdujeron el destilador en la época colonial.

La discrepancia entre estas dos teorías tiene un impacto significativo en la concepción y el valor cultural de los destilados de Agave mexicanos, y aún no

existen argumentos contundentes que sostengan la veracidad de cualquiera de estas teorías.

Aunque no está claro, si el proceso de destilación del agave cocido se dio antes de la conquista de México, o llegó como parte de un proceso de apropiación cultural por parte de los conquistadores españoles. Es innegable la enorme riqueza cultural que se desarrolló en torno a la cultura del Agave, que involucró procesos ancestrales de producción y organización y dio origen a algunas de las bebidas más icónicas y reconocibles del mundo.

El tequila, es la bebida mexicana destilada de agave más conocida a nivel mundial, ha experimentado un crecimiento constante en las exportaciones en los últimos años, impulsado por una mayor demanda mundial de bebidas premium y la creciente popularidad de la cultura del tequila (IWSR, 2022).

Según datos de la Cámara Nacional de la Industria del Tequila (CNIT, 2022), las exportaciones de tequila mexicano aumentaron 23.6% en 2022. Los principales destinos de exportación del tequila mexicano son Estados Unidos, con 81.2% del volumen total exportado, seguido de Alemania, España, Francia, Inglaterra, Canadá, Colombia, Italia, Australia y Japón. El 63% del tequila exportado corresponde a la categoría 100% agaves; es decir, no contiene aditivos, por lo que es un producto con mayor calidad.

Sin embargo, en los últimos años, se han observado problemas relacionados con la pérdida de originalidad del Tequila debido a que ha aumentado el uso de aditivos y el uso de procesos industriales más eficientes, lo que genera preocupaciones sobre la calidad y la sostenibilidad del producto (Gómez, 2018).

La incorporación de aditivos es comúnmente utilizada para mejorar la consistencia, color y aroma del tequila. Sin embargo, esto puede comprometer la calidad del producto y la autenticidad, y en el largo plazo puede tener efectos negativos en las tendencias de consumo. Asimismo, el uso excesivo de aditivos puede tener efectos negativos en la salud de los consumidores

Otro aspecto es la sostenibilidad en la producción de tequila; asunto de gran importancia, debido a la necesidad de proteger el medio ambiente y las comunidades locales que lo cultivan. La tala de árboles, la contaminación del suelo y la pérdida de agua han sido provocadas por expansión de la producción de tequila. Además, los habitantes de las regiones aledañas a menudo son explotados laboralmente y no tienen acceso al agua o a otros recursos naturales (Santiago-Olivares et al., 2021).

Sin duda, el aumento de la popularidad del tequila ha tenido un efecto positivo en el consumo del mezcal, a medida que más personas descubren y aprecian el tequila, naturalmente exploran el mundo del mezcal, aumentando así su demanda; sin embargo, ambos destilados siguen siendo distintos.

A pesar de la experiencia que ya se tiene con el tequila, parece que la lección no ha sido aprendida. El aumento en el consumo de mezcal se evidencia con tasas de crecimiento en la producción que se han mantenido en un promedio de 30% entre el 2011 y 2022 (CRM, 2020), en comparación con tequila que se han mantenido entre 5 y 7 % anual los últimos quince años; lo que ha dado lugar a una serie de problemas que afectan tanto la diversidad ecológica como la cultural.

Este contexto ha dado lugar a múltiples cuestiones que requieren atención, entre ellas: la sobreexplotación de ciertas especies de agave lo que ha llevado a la pérdida de diversidad genética (Illsley et al., 2018).

En las zonas delimitadas por la DO especialmente en Oaxaca (principal estado productor con alrededor del 80% de la producción) se han presentado conflictos sociales y económicos entre los productores y las comunidades locales que compiten por el control de los recursos naturales y los mercados.

Diversas problemáticas de carácter organizativo, provocó que los mezcaleros decidieran no certificar el mezcal y envasarlo como destilado de agave, ante lo complejo y costoso que implica obtener una certificación; además se argumenta

que la normativa aplicada para mezcal provoca un alto grado de erosión cultural al dejar de lado saberes y formas de producción de mezcal que son ancestrales.

Bautista, Morales (2018) evidenció que la red de valor está desarticulada y hay una tendencia a aplicar innovaciones dirigidas a incrementar los rendimientos del destilado, lo que promueven la marginación del proceso ancestral.

Lo que coincide con otros investigadores (Bautista et al., 2015) que encontraron que la elaboración artesanal de mezcal está en declive y desaparición, vive de la fama que alcanzó en su etapa de auge productivo y socioeconómico, auspiciado por políticas de promoción institucional y desarrollo productivo que favorecen la industrialización y marginan los sistemas de producción artesanal campesina.

Otro punto que es necesario expresar es la alta penetración de inversiones extranjeras en la producción y principalmente en la comercialización de tequila y mezcal, que fomenta, según algunos autores un modelo de producción que ellos llaman agro extractivista (Lucio-López, 2022).

El control de las empresas multinacionales en los principales mercados de consumo. a través del marketing y la inteligencia de mercados, ha posibilitado que el volumen de tequila y mezcal que se comercialice a través de estas empresas coloque a la cadena de valor de destilados nacionales mexicanos como un proveedor de estos grandes conglomerados.

Estos enfoques que se han analizado permiten discernir de manera general e introductoria cuál es el estatus actual de la producción de los destilados de Agave mexicanos.

2.2 La importancia económica de los Agaves pulqueros

La economía pulquera nacional ha pasado por varios estadios, desde la prosperidad en la época de las grandes haciendas Porfiristas hasta la marginación y desaparición de pulquerías después de la Revolución Mexicana (Rodriguez, 2004).

Un indicador que permite visualizar la importancia del pulque a lo largo del tiempo, es la superficie de plantación, en 1930 se tenía una superficie sembrada de 70,000 hectáreas de Agave pulquero en México (Rivas et al., 2016), en esta época el Agave pulquero tenía mayor importancia económica que los Agaves mezcaleros y el tequilero.

En los años ochenta se alcanzó el nivel de producción más bajo reportado, a raíz de la declaración de peligro de extinción de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación se comenzó a trabajar en la recuperación de los agaves pulqueros en México. A partir de 1984 la tendencia de producción ha ido incrementándose, sin embargo, para el año 2020 se reporta una caída en la superficie plantada (7421 ha). (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.)

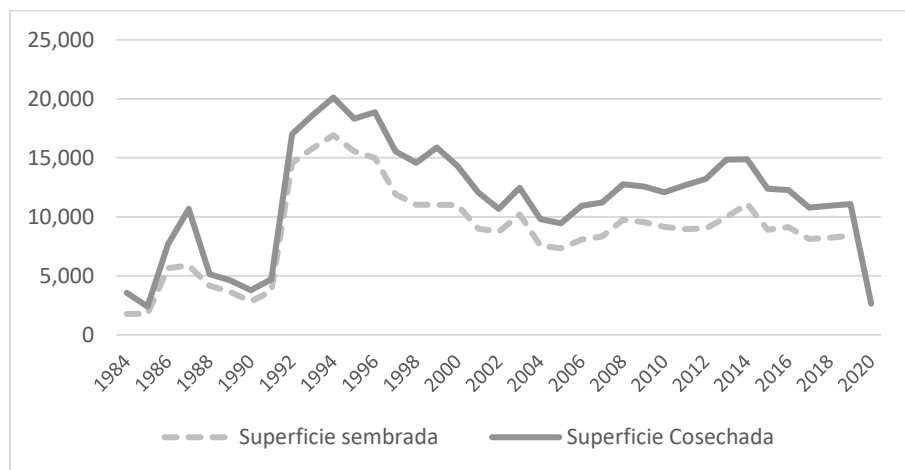


Figura 2. Evolución de la superficie cultivada y cosechada de agave pulquero 1984-2020. (Hectáreas)

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP

Según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, en el año 2020 se produjeron 167,222 litros de aguamiel (**Figura 3** Producción de aguamiel 1984-2020. (Miles de litros)), fueron sembradas 7421 hectáreas de agave pulquero y el valor de la producción ascendió a 820,400 pesos.

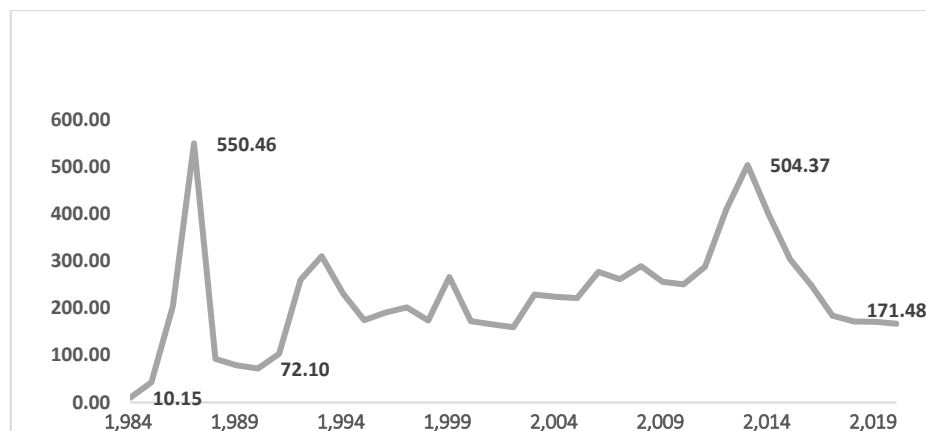


Figura 3 Producción de aguamiel 1984-2020. (Miles de litros)
Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP

El precio medio rural del litro de aguamiel varía dependiendo de la región y la temporada del año (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). En el área del oriente del Valle de México el aguamiel se comercializa entre \$10 y \$15 pesos al consumidor final. Pero no en todas las regiones se encuentra esta dinámica de precios, depende del nivel de acceso al mercado de los productores y el nivel de producción. En zonas pulqueras del centro de México se comercializa en un rango de 2.00 y 5.00 pesos.

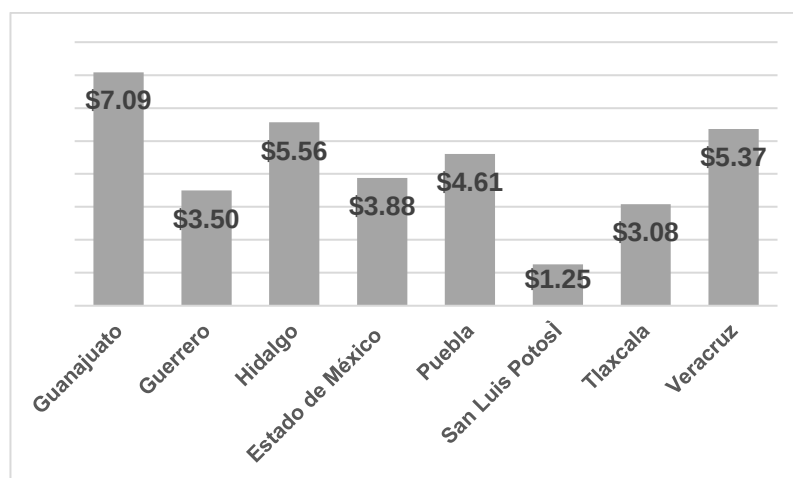


Figura 4 Precio del litro de aguamiel por estado, 2019. (Pesos por litro)

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP

En promedio, en la Ciudad de México, el precio del litro de pulque natural, al consumidor final oscila entre los 20.00 y 40.00 pesos. El precio de venta a los introductores oscila entre los 7.00 y 10.00 pesos llevado a la CDMX. Debido a

estos precios, el pulque natural se considera una bebida económica, aunque un curado se comercializa entre 40.00 y 70.00 pesos, dependiendo el tipo de fruta empleada.

Diversos autores consideran que el consumo de pulque ha disminuido principalmente por la competencia con otras bebidas alcohólicas (Suárez et al., 2016); sin embargo, sigue siendo una bebida popular en algunas regiones de México, especialmente en el centro del país, sin embargo no existe una fuente confiable que monitoree variables económicas relacionadas con el pulque.

En la actualidad los pulqueros han desarrollado nuevas estrategias para conservar la cultura pulquera, con productos que tienen una mayor vida de anaquel como: pulque enlatado, jarabes de aguamiel, helados y paletas de pulque, sazónadores, inulina, y el destilado de pulque.

Es difícil contabilizar la cantidad de producto que se exporta, debido a la falta de información, la principal razón es que las fracciones arancelarias se comparten con otros productos, sin embargo, en el mercado de los Ángeles, San Diego y Sacramento se comercializa pulque enlatado en tiendas mexicanas o en algunas tiendas de vino especializadas.

Sin duda, la cadena de producción tuvo, tiene y tendrá una gran importancia económica y ecológica para el desarrollo de las comunidades pulqueras del centro de México, ya que ha dado sustento en sus diversas formas y expresiones. Los estados con mayor producción de agaves pulqueros son: Hidalgo, Estado de México, Puebla y Tlaxcala (Figura 5).

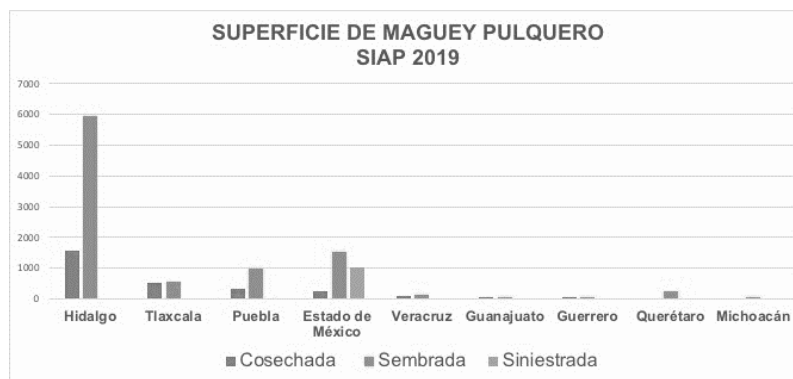


Figura 5. Superficie cultivada con Maguey pulquero por Estado. 2019. (Hectáreas)
Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2019

Dada las condiciones de mercado y el boom por los Agaves, es necesario indagar sobre la cadena productiva del pulque con una visión integral entre las distintas áreas de la investigación y de los negocios, con la finalidad de fortalecer la cadena con una visión de sustentabilidad y aprovechar todos los beneficios de la planta.

2.3 Análisis bibliométrico

El uso de estos métodos bibliométricos en la investigación científica se generalizó en la década de 1960 (Sanz Valero, 2022). Sin embargo, el empleo de técnicas bibliométricas, como se conocen en la actualidad, fue desarrollada por Eugene Garfield, quien fundó el Instituto de Información Científica (ISI) y en 1955 e inició la base de datos Web of Science, en la década de 1960 (Aghaei Chadegani et al., 2013).

Garfield fue uno de los primeros en proponer el uso del análisis de citas como indicador de la importancia y pertinencia de los artículos científicos. Sobre la base de esta idea, ideó métodos para analizar los patrones de citas, que culminaron en la creación del factor de impacto. Esta métrica determina la importancia de las revistas científicas, en función del número de citas que obtienen (Lederberg, 2000).

La bibliometría es una subdisciplina de la cienciometría, que proporciona información sobre resultados, volumen, evolución, visibilidad y estructura de los

procesos de investigación. Permitiendo así la evaluación de la actividad científica y el impacto de la investigación y las fuentes.

Los indicadores bibliométricos se pueden dividir en dos categorías, indicadores de actividad e indicadores de impacto (Escorcía, 2008). Los indicadores de actividad visualizan el estado real de la ciencia, en esta categoría se encuentran: número y distribución de publicaciones, productividad, dispersión de las publicaciones, colaboración, conexiones entre autores, entre otros (Camps, 2008).

Los indicadores de impacto evalúan el impacto de las publicaciones, autores, y revistas. El factor de impacto se calcula en función de las citas de todos los artículos publicados en la revista durante dos años (Guz & Rushchitsky, 2009).

Es decir, el factor de impacto es descrita como una relación entre las citas y los artículos citables publicados recientemente. Por lo tanto, el factor de impacto de la revista se calcula dividiendo el número de citas de este año entre el artículo fuente publicado en esa revista durante los dos años anteriores (Rothfus et al., 2016; Aghaei Chadegani et al., 2013).

El análisis bibliométrico es una herramienta, tanto para el estudio del estado de las distintas disciplinas científicas, como para la investigación científica de una determinada región, disciplina o tema. Su objeto de estudio son los productos del pensamiento, representados físicamente en documentos (Camps et al., 2006).

Algunos de los estudios más comunes que se utilizan en un análisis bibliométrico incluyen el índice H, el número de citas, el factor de impacto, la co-citación, co-ocurrencia, emparejamiento bibliográfico, productividad de las publicaciones, productividad de los autores, análisis de la producción por su temática entre otros (López et al., 2009).

2.4 La Teoría de costos de productos agrícolas

Los costos de producción son el valor de todos los factores e insumos de la producción requeridos para generar un producto (Parkin & Loría, 2010). El análisis de costos genera información importante para el sector agrícola en explicar y determinar la viabilidad de unidades de producción. En este aspecto radica la utilidad, tanto para los productores, como para los demás participantes que intervienen en la cadena de producción, como podrían ser: bancos, inversionistas, proveedores, etc. En general la información de costos sirve para tomar decisiones basadas en información confiable (Vega & Salinas, 2018).

El desarrollo de un sistema para cuantificar costos tiene como objetivo principal recolectar, procesar y analizar información técnica y económica de la empresa para utilizarla como apoyo en la toma de decisiones (Sagarnaga et al., 2018).

De acuerdo a Stephen Langrell et al. (2012) existen seis tipos de clasificaciones para los costos:

1. En relación con la actividad de la granja se dividen en costos directos e indirectos.
2. En relación con el flujo de efectivo se dividen en costos en efectivo y costos no monetarios.
3. En relación con la unidad de producción se dividen en costos variables y costos fijos.
4. En relación con la unidad de comparación, estos se analizan como costos totales, costos promedio y costos marginales.
5. En relación con su uso, se clasifican en costos fungibles, costos de capital, y servicios relacionados con el mantenimiento del capital.
6. En relación con la operación de la granja se pueden analizar como costos de operación y costos generales.

Existen tres metodologías importantes para la estimación de costos de producción agrícola: , la Red de Datos de Contabilidad Agrícola (FADN) utilizada

en la Unión Europea, La encuesta de Gestión de Recursos Agrícolas (ARMS) utilizada en los Estados Unidos, y la aplicada en el Centro de Política Agrícola y Alimentaria (AFPC), de la Universidad Texas A&M (Stephen Langrell et al., 2012).

Según Sagarnaga et al. (2018) el ingreso neto es el principal indicador de la rentabilidad de la unidad de producción. Si se obtiene un excedente en el flujo de efectivo, existe viabilidad en el corto plazo; si el ingreso neto financiero es positivo, hay viabilidad en el mediano plazo, y si el ingreso neto en términos económicos es positivo, la unidad tiene viabilidad al largo plazo.

Otra contribución del análisis de costos implica su repercusión para una correcta política de precios centrada en el conocimiento de la estructura de costos de la empresa, que permitan aumentar la participación en el mercado a través de precios competitivos (Córdoba Segovia & Moreno Moncayo, 2017).

2.5 Modelos de Pronóstico

Los pronósticos son una herramienta que proporciona un estimado cuantitativo de la probabilidad de eventos futuros (Juárez et al., 2016). Los pronósticos son el eslabón inicial del proceso de planificación y control, con aplicación en muchos sectores, son modelos proyectivos y predictivos con la finalidad de reducir la incertidumbre (Rahmer et al., 2022).

Los pronósticos pueden analizarse a través de modelos, que son usualmente un conjunto de suposiciones acerca de un fenómeno; ya sea natural o provocado, que se representa mediante las relaciones matemáticas de variables, y sirven para estudiar el mundo real en forma abstracta; así como, sacar conclusiones antes de interactuar con los estados reales, a fin de disminuir riesgo u obtener ventajas del fenómeno (Marmolejo, 2016).

El objetivo del pronóstico en las cadenas de suministro es predecir la demanda y sus patrones en un determinado mercado.

Los métodos de pronósticos se pueden clasificar en dos grupos: cualitativos, y cuantitativos. Los métodos cualitativos, utilizan el juicio, la intuición, las encuestas o técnicas comparativas para generar estimados cuantitativos acerca del futuro (Ballou, 2004). Y los cuantitativos permiten la medición de una variable en el tiempo a intervalos de tiempo uniformemente espaciados.

Entre los métodos cualitativos más utilizados se mencionan: investigación de mercados, jurado de opinión ejecutiva, Delphi, encuesta a los consumidores y se usan cuando resulta difícil establecer las tendencias o cuando no se dispone de datos (Medina & Ortegon, 2006).

Para hacer un pronóstico de tipo cualitativo, es clave contar con información cuantitativa del comportamiento de la demanda a través del tiempo, es decir, una serie de tiempo, siendo el Análisis de Series de Tiempo la técnica estadística más utilizada para estimar su comportamiento; así como modelos causales (Alvis, Silva, 2014).

Su objetivo es descifrar el futuro en función de datos pasados, integrando patrones o combinaciones de patrones que son recurrentes en el tiempo. Entre los métodos de carácter cuantitativo representativos, que se pueden mencionar están: análisis de registros históricos, demanda potencial, promedio móvil (PM), pronóstico causal, promedio móvil ponderado (PMP), suavización exponencial, suavización exponencial doble, modelo de Winters, descomposición de series de tiempo, Método Box-Jenkins/ARIMA, y en los últimos años se ha desarrollado el análisis de redes neuronales.

De acuerdo con Armstrong (2012), el método de la investigación de mercados consiste en pronosticar las ventas de acuerdo con un estudio de mercado, generalmente realizado a través de encuestas, en donde algunas preguntas pueden ser: ¿tiene usted interés en adquirir este producto?, ¿estaría dispuesto a probar este nuevo producto o servicio?, ¿cuánto estaría dispuesto a pagar por este producto?.

Método jurado de opinión ejecutiva. Este método recopila información de un pequeño grupo de altos directivos y juntos calculen, o estiman la demanda. El grupo se nutre de la experiencia en la gestión y en algunos casos se pueden estimar resultados con modelos estadísticos (Virachaca, 2016).

El método Delphi es una técnica de recopilación de información, que obtiene la opinión de un grupo de expertos a través de consultas repetidas. Esta técnica cualitativa se recomienda cuando no se dispone de información suficiente para la toma de decisiones o cuando la investigación requiere reunir una opinión consensuada y representativa de un grupo de individuos. (Torrado-fonseca, 2016).

En el método de encuesta a los consumidores, este enfoque sugiere preguntar directamente a los consumidores sobre sus futuros planes de compra a través de encuestas. La encuesta debe tener una muestra representativa del mercado objetivo (Gomez S., 2008).

Entre los métodos de pronóstico cuantitativos, los de series de tiempo permiten la medición de una variable en el tiempo a intervalos de tiempo uniformemente espaciados, con el objetivo de determinar el patrón de comportamiento subyacente de la variable, para que pueda predecirse en el futuro (Gomez S., 2008). En este enfoque, los componentes de tendencia, estacionales, cíclicos y no sistemáticos pueden servir como patrones de comportamiento.

De acuerdo a Ballou (2004), el método de pronóstico causal es una técnica matemática que considera la relación entre variables y el método más utilizado es la regresión lineal, que relaciona una variable dependiente con una variable independiente.

De acuerdo con Vidal (2005), el método de promedio móvil es una serie de promedios aritméticos y se utiliza si existe poca o ninguna tendencia en los datos, es utilizado cuando se quiere dar más importancia a conjuntos de datos más recientes y ofrece una impresión general de los datos en el tiempo.

El promedio móvil ponderado plantea una ponderación o peso a los datos y da mayor peso a los datos más recientes, Los pesos se basan en la intuición y están entre 0 y 100% y su suma debe ser igual 100% (Alvis, Silva, 2014)

El método de suavización exponencial responde fuertemente a cambios recientes en la variable demanda, asignando una constante de alisamiento, que es más fuerte para los datos recientes; se utiliza preferentemente si los cambios recientes en los datos son el resultado del cambio real y no solo fluctuaciones aleatorias. Para el uso de este método se requieren datos del último período, la demanda del último período y el coeficiente de suavización (Vidal, 2005).

De acuerdo con Nahmias, S. (2007) el método de suavización exponencial doble o el método de Holt es un método de suavizado exponencial doble, y usa dos parámetros para mejorar el comportamiento de la tendencia. Para realizar este método se requieren de constantes de suavización: el valor de la serie de tiempo y la tendencia.

El Método de suavización exponencial triple es utilizado cuando los datos históricos tienen un componente de tendencia y estacionalidad (Vidal, 2005)

El enfoque Box-Jenkins se centra en el modelo ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average), que son modelos estadísticos que se utilizan para describir la estructura de una serie de tiempo y para predecir su comportamiento futuro (Reitsch & Hanke, 1995).

2.6 Las Cadena de Suministro Agroalimentario (CSA)

Las cadenas de suministro (CS) o abastecimiento se describen como los recursos interconectados y las actividades necesarias para crear y entregar productos y servicios a los clientes, por lo cual se extienden desde el punto donde se extraen los recursos naturales hasta el consumidor (Hakanson, 2003).

En la industria alimentaria, las CS son sistemas complejos, en continuo cambio, que involucran muchos participantes (Robinson, 2009), entre ellos: proveedores,

productores, distribuidores, comercializadores mayoristas y minoristas, entidades de regulación, consumidores y otros. Esta característica de las CS hace que se comporten como un organismo multidisciplinar, el cual busca satisfacer las demandas del cliente final por medio de la coordinación efectiva de los flujos de información, productos y recursos financieros que la recorren, desde el proveedor hasta el cliente (Garcia & Olaya, 2006).

Esta coordinación es efectiva si se conoce y gestiona la información, es decir, los flujos de materiales y servicios que pueden considerarse como un sistema (Arlbjørn J. & Halldorsson, 2002) de elementos que comparten información para cumplir un objetivo.

Las cadenas de suministro a menudo están impulsadas por la demanda, por lo que la atención se centra en controlar o anticipar la dinámica del mercado para que los productos se entreguen de acuerdo con sus requisitos. Sin embargo, en el caso de algunas CSA de productos perecederos, estacionales y con bajos volúmenes de producción, es complejo establecer un modelo de referencia hacia la demanda, específicamente en requisitos de tiempo y volumen, lo que obliga al mercado a consumir en los momentos de abundancia, y a la CS a adaptarse a las condiciones tanto de la producción y su variabilidad, como a las necesidades de la demanda (Robles S. & Granillo M., 2014).

La planificación CSA requiere el diseño de modelos de gestión que reconozcan ampliamente las dinámicas territoriales, teniendo en cuenta aspectos como el tamaño del agricultor, las condiciones de producción primaria, la tecnología, la demanda del mercado, la capacidad financiera y las prácticas de gestión, lo que incluye el proceso de desarrollo de diseños adaptados a las necesidades específicas del territorio. Actualmente, se ve facilitado por modelos estocásticos que permiten el manejo de un conjunto más amplio de variables.

Logística

La logística es la parte de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla procesos efectivos y eficientes; el almacenamiento de bienes y servicios y la información relacionada desde el origen hasta el destino para satisfacer las necesidades del cliente.

De acuerdo con Castellanos Ramírez (2019), las funciones de la logística se basan principalmente en la administración de los flujos físicos (materias primas, productos acabados, etc.), teniendo en cuenta los recursos (humanos, consumibles, etc.), los bienes necesarios (almacenes, bodegas, herramientas, sistemas informáticos, camiones, etc.), y los servicios.

La tarea principal de la logística corporativa es colocar el producto correcto en el lugar correcto, en el momento correcto y en las condiciones adecuadas para aumentar la rentabilidad del proyecto.

Esto lleva a establecer que el objetivo de la logística parte de la satisfacción de la demanda y esto se debe ver reflejado en las mejores condiciones de servicio, costo y calidad.

La logística se encarga de la gestión de los medios necesarios para alcanzar este objetivo, movilizand el recurso humano necesario y los recursos financieros adecuados

El objetivo de la logística es la gestión de los tres grandes procesos logísticos de la cadena de suministros: el abastecimiento, la producción y la distribución. La gestión de las tres logísticas lleva a las empresas a diseñar diferentes pasos o caminos para lograr su fin principal: cumplirle al cliente.

Literatura Citada

Aghaei Chadegani, A., Salehi, H., Md Yunus, M. M., Farhadi, H., Fooladi, M., Farhadi, M., & Ale Ebrahim, N. (2013). A comparison between two main academic literature collections: Web of science and scopus databases. *Asian Social Science*, 9(5), 18–26. <https://doi.org/10.5539/ass.v9n5p18>

Alvis, Silva, L. F. (2014). *Planeación de la demanda en canales de dsitriución de venta directa en Colombia*. 39(1), 1–15.

- Andrade-Cetto, A., & Heinrich, M. (2005). Mexican plants with hypoglycaemic effect used in the treatment of diabetes. *Journal of Ethnopharmacology*, 99(3), 325–348. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.04.019>
- Andrade, J., Barrera, E., Reyes, A., Ricalde, M., & Vargas, F. (2007). El metabolismo ácido de las crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad Boletín. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 81(24), 37–50.
- Arlbjørn J., S., & Halldorsson, A. (2002). Logistics knowledge creation: reflections on content, context and processes". *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*,. <https://doi.org/10.1108/09600030210415289>
- Armstrong, J. S. (2012). Selecting Forecasting Methods. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1941247>
- Ávila-Lara, D., González M., A., Espinoza A., J. J., & Flores G., A. C. (2021). Rentabilidad de la producción de aguamiel en el sureste del estado de Coahuila, México: Un estudio de caso. *Investigación y Ciencia*, 29(82), 61–71.
- Ballesteros R., E., & Sánchez T., L. F. (2021). El pulque: probiótico ancestral. *Elementos*, 28, 1–68.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. (Quinta edi). Pearson Educación.
- Bautista, Morales, A. (2018). *Revalorización del mezcal ancestral y artesanal, y su estrategia para acceder a mercados diferenciados*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Bautista, J. A., Orozco, S., & Terán Melchor, E. (2015). The decline of craft production of mezcal in the Region of mezcal in Oaxaca , Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, 1291–1305.
- Camps, D. (2008). Limitaciones de los indicadores bibliométricos en la evaluación de la actividad científica biomédica. *Colombia Medica*, 39(1), 74–79.
- Camps, D., Recuero, Y., Avila, R. E., & Samar, M. E. (2006). Estudio bibliométrico de un Volumen de la Revista Archivos de Medicina. *Archivos de Medicina*, 2(3).
- Casa Sauza. (2021). *Cómo se hace el tequila*. <https://www.casasauza.com/fabricacion-tequila>
- Castellanos Ramírez, A. (2019). Logística comercial internacional. *Logística comercial internacional*. <https://doi.org/10.2307/j.ctvdf0jt2>
- Córdoba Segovia, C. M., & Moreno Moncayo, D. F. (2017). La importancia de una buena estrategia de fijación de precios como herramienta de penetración de mercados. *Tendencias*, 18(2), 58.

<https://doi.org/10.22267/rtend.171802.73>

CRM, C. R. del M. (2020). *Informe Estadístico 2020*.

CRT, C. R. del tequila. (2019). *Proceso de Elaboración de Tequila*.

<https://www.crt.org.mx/index.php/es/el-tequila-3/elaboracion-normativa/63-proceso-de-elaboracion-de-tequila>

Norma oficial Mexicana NOM-168-SCFI-2004, 1 (2015) (testimony of Diario oficial de la federacion).

Denominación de Origen Raicilla., 1 (2015) (testimony of Diario Oficial de la Federación (DOF)).

Enciso, M. M. (1950). *Manual del magueyero*. B. Trucco.

Escalante, A., Giles-gómez, M., Flores, G. E., Acuña, V. M., Terrazas, R. M., López-munguía, A., & Lappe-oliveras, P. (2013). *Handbook of plant-based fermented food and beverage technology.: Vol. Vol. II, 6* (Vol. II, 6, Número Bruman 2000). CRC Press, 2nd Edition, Boca Raton, FL, USA.

Escalante, A., Tamang, J. P., Sipiczki, MatthiasSoto, D. R. L., Velázquez Gutiérrez, J. E., Giles-Gómez, M., Bolívar, F., & López-Munguía, A. (2016). Pulque, a Traditional Mexican Alcoholic Fermented Beverage: Historical, Microbiological, and Technical Aspects. *Frontiers in Microbiology* | www.frontiersin.org, 1, 1026. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01026>

Escorcía, T. A. (2008). El análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado [tesis]. Pontificia Universidad Javeriana. *Director*, 1–61.

Espinosa, D., Rivera, G., & Maldonado, B. (2017). Caracterizando la producción y organización de los mezcaleros en Matatlán, México “Capital mundial del mezcal”. *Estudios sociales*.

NOM-070-SCFI-2016, 1 (2015) (testimony of Diario Oficial de la Federación).

NOM-006-SCFI-1994DOF, 1 (1994) (testimony of Diario Oficial de la Federación DOF - Diario Oficial de la Federación).

Font Molina, A. (2011). *Historia, elaboración y tipos de licores y aguardientes*.

García-Mendoza, A. J. (2002). Distribution of Agave Agava(Agavaceae) in Mexico. *Cactus and Succulent Journal*, 74 No. 4, 177–187.

García-Villalba, W. G., Rodríguez-Herrera, R., Ochoa-Martínez, L. A., Rutiaga-Quñones, O. M., Gallegos-Infante, J. A., & González-Herrera, S. M. (2022). Agave fructans: a review of their technological functionality and extraction processes. *Journal of Food Science and Technology*, 60(April), 1265–1273. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05375-7>

García Mendoza, A. J. (2007). Los agaves de México. *Clencias 87, julio-septiembre*, 40-49. [En línea], julio-sept, 14–23.

García Mendoza, A. J., Franco Martínez, I. S., & Sandoval Gutiérrez, D. (2019).

- Cuatro especies nuevas de Agave (Asparagaceae, Agavoideae) del sur de México. En *Acta Botanica Mexicana* (Número 126).
<https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1461>
- García, R. G., & Olaya, E. S. (2006). *Caracterización de las cadenas de valor y abastecimiento del sector agroindustrial del café*.
- Gentry, H. S. (1982). *Agaves of Continental North America*. University of Arizona Press.
- Gómez S., N. R. (2008). *Modelo de planeación de la demanda de consumo en la industria de bebidas gaseosas para la ciudad de Quito*. Escuela Politécnica Nacional.
- Gonçalves de Lima, O. (1990). *Pulque, balché y pajauaru*. Fondo de Cultura Económica.
- Granados Sanchez, D. (1993). *Los agaves en México*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Gschaedler, A., Gallardo-Valdez, J., & Villanueva Rodríguez, S. (2020). El proceso de elaboración de mezcal en el Estado de Michoacán. *La producción de mezcal en el Estado de Michoacán*, 87–109.
- Guz, A. N., & Rushchitsky, J. J. (2009). Scopus: A system for the evaluation of scientific journals. *International Applied Mechanics*, 45(4), 351–362.
<https://doi.org/10.1007/s10778-009-0189-4>
- Hakanson, B. (2003). Manejo de la cadena de abastecimiento: donde compiten los negocios hoy. *Administración de la cadena de suministros "Supply Chain"*, 4–5.
- IWSR, D. M. analysis. (2022). *The Rise of Alternative Agave-Based Spirits*. IWSR Industry Insights. <https://www.theiwsr.com/the-rise-of-alternative-agave-based-spirits/>
- Juárez, A. C., Zuñiga, C. A., Flores, J. L. M., & Partida, D. S. (2016). Analysis of time-series on the forecast of the demand of storage of perishable products. *Estudios Gerenciales*, 32(141), 387–396.
<https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.11.002>
- Lappe-Oliveras, P., Moreno-Terrazas, R., Arrizón-Gaviño, J., Herrera-Suárez, T., García-Mendoza, A., & Gschaedler-Mathis, A. (2008). Yeasts associated with the production of Mexican alcoholic nondistilled and distilled Agave beverages. *FEMS Yeast Research*, 8(7), 1037–1052.
<https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2008.00430.x>
- Lara-Hidalgo, C., Grajales-Lagunes, A., Ruiz-Cabrera, M.A. Ventura-Canseco, C. Gutierrez-Miceli, F. A., Ruiz-Valdiviezo, V. M., & Abud Archila, M. (2017). Agave americana HONEY FERMENTATION BY *Kluyveromyces marxianus* STRAIN FOR "COMITECO" PRODUCTION, A SPIRIT FROM MEXICAN SOUTHEAST. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 16(3), 771–779.

- Lederberg, J. (2000). *The Web of Knowledge: A Festschrift in honor of Eugene Garfield*. Asis Monograph Series.
- López-Romero, J. C., Ayala-Zavala, J. F., González-Aguilar, G. A., Peña-Ramos, E. A., & González-Ríos, H. (2018). Biological activities of Agave by-products and their possible applications in food and pharmaceuticals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(7), 2461–2474.
- López, E. S., Quintero, S. J. C., Fernández, H., Magdalena, M., Rodríguez, L., Juana, I., Educación, L., Auxiliar, P., Médica, U., Dorticós, R., & Educa-, C. L. (2009). Bibliometry, an efficient to assess the postgraduate scientific activity. *Medisur*, 7(4), 291–294.
- Lucio-López, C. (2022). Los destilados de agave en México. *Iberoamericana de Ecología*, 1(3), 5–7.
- Mariles-Flores, V. (2016). Las clases de tierras productoras de maguey mezcalero en la Soledad Salinas, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1199–1210.
- Marmolejo, I. S. (2016). Un primer paso a la simulación con Flexsim. *FlexSim Iberia*, 0(0), 23–36.
- Medina, J., & Ortegon, E. (2006). *Manual de prospectiva y decisión estratégica*.
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. Mc Graw Hill.
- Nieto Aquino, R., Vargas Monter, J., Nieto Aquino, J. C., Rodríguez Ortega, A., Jiménez Pérez, V. M., Hernández Callejas, J., & Marineth Ortiz Balderas, M. (2016). El cultivo de maguey pulquero (Agave salmiana) en el Valle del Mezquital. En *Universidad Politécnica de Francisco I. Madero* (Vol. 5, Número 3).
- Parkin, M., & Loría, E. (2010). Microeconomía de Parkin. En *Pearson*.
- Peana, A. T., Moretti, M. D., Manconi, V., Desole, G., & Pippia, P. (1997). Anti-inflammatory activity of aqueous extracts and steroidal sapogenins of *Agave americana*. *Planta Medica*, 63(3), 199–202. <https://doi.org/10.1055/s-2006-957652>
- Pérez-Zavala, M. de L., Hernández-Arzaba, J. C., Bideshi, D. K., & Barboza-Corona, J. E. (2020). Agave: a natural renewable resource with multiple applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(15), 5324–5333. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10586>
- Pérez, C. (2007). Mezcales tradicionales de los pueblos de México, herencia cultural y biodiversidad. *Ciencias*, 0(087 SE-ARTÍCULOS).
- Pérez Matos, N. E. (2002). La bibliografía, bibliometría y las ciencias afines. *Acimed*, 10(3).
- Rahmer, B. J., Saénz, G., Solana, G., & Manuel, J. (2022). Análisis comparativo de modelos de planificación agregada. El caso de las empresas manufactureras colombianas. *Revista de métodos cuantitativos para la*

- economía y la empresa*, 33, 285–309.
- Ramírez, Higuera, A., Yáñez, Fernández, J., Valencia, del Toro, G., & Durán. Páramo, E.-. (2007). *Evaluación del aguamiel de Agave Salmiana como medio de cultivo para el crecimiento de Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*. 100, 7340.
- Reitsch, A., & Hanke, J. E. (1995). *Business Forecasting*. Pearson Education.
- Reyes-Valdes, M. H., Benavides-Mendoza, A., Ramires-Rodriguez, H., & Villareal-Quintana, J. A. (2012). Biología e importancia del sotol (dasylirion spp.) Parte I: Sistemática, genética y reproducción. *Planta*, 7(14), 11–13.
- Reynoso-Santos, R., García-Mendoza, A. J., López-Báez, W., López-Luna, A., Cadena Iñiguez, P., Pérez-Farrera, M. A., & Domínguez Gutiérrez, M. H. (2012). Identificación taxonómica de agaves (Agave spp.) utilizados para la elaboración del licor Comiteco en Chiapas, México. *Agroproductividad*, 9–17.
- Rivas, E. R., González, F. C. V., Bernat, E. E., & Salazar, B. Q. (2016). El maguey, el pulque y las pulquerías de Toluca, Estado de México, ¿patrimonio gastronómico turístico? *PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 14(5), 1199–1215.
- Robelo, C. (1911). *Diccionario de mitología Náhuatl*. Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnología.
- Robinson, A. (2009). *Driving efficiencies in the cold supply chains*, *Food Logistics*.
- Robles S., F., & Granillo M., R. (2014). Sistemas de Planeación Avanzada como herramienta para la planeación de una cadena de Suministros Agroalimentaria. *Sexta Epoca*, 35.
- Rodriguez, R. R. (2004). *El Maguey y el Pulque: Memoria y Tradición convertidas en Historia*, 1884–1993. 1884–1993.
- Rothfus, M., Sketris, I. S., Traynor, R., Helwig, M., & Stewart, S. A. (2016). Measuring Knowledge Translation Uptake Using Citation Metrics: A Case Study of a Pan-Canadian Network of Pharmacoepidemiology Researchers. *Science and Technology Libraries*, 35(3), 228–240. <https://doi.org/10.1080/0194262X.2016.1192008>
- Ruvalcaba Mercado, J. (1983). *El maguey manso historia y presente de Empazoyucan, Hgo.*
- Sagarnaga, V. L. M., Salas, G. J. M., & Aguilar, Á. J. (2018). Metodología para estimar costos, ingresos y viabilidad financiera en Unidades Representativas de Producción. En *Serie Metodologías y herramientas para la investigación Volumen 6*.
- Samorini, G. (2021). *Pulque: O de la embriaguez sagrada*. Lunaria Ediciones.
- Sánchez López, A. (1989). *Oaxaca tierra de maguey y mezcal*. Instituto

Tecnológico de Oaxaca.

- Sanz Valero, J. (2022). Bibliometría: origen y evolución. *Hospital a Domicilio*, 6(3), 105–107. <https://doi.org/10.22585/hospdomic.v6i3.168>
- Serra Puche, M. C., & Lazcano Arce, J. C. (2016). Etnoarqueología del Mezcal su origen y su uso en Mesoamérica. *Estudios Etnoarqueológicos*.
- Sparg, S. G., Light, M. E., & Van Staden, J. (2004). Biological activities and distribution of plant saponins. *Journal of Ethnopharmacology*, 94(2–3), 219–243. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.05.016>
- Statista. (2019). *Estadísticas sobre Comercio y establecimientos en Estados Unidos*.
- Stephen Langrell, P. C., Sergio Gomez y Paloma, D. L. C., Jean-Francois Garnier, F. I., & Mishra, A. K. (2012). Sustainability and Production Costs in the Global Farming Sector: Comparative Analysis and Methodologies. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 2013–2015.
- Suárez, Narváez, U. A., Cruz, León, A., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2020). Servicios ambientales: sistema agroforestal tradicional con plantas de maguey pulquero en. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11, 1957–1969.
- Suárez, A., Saldana, T., & Jiménez- Velázquez, M. (2016). El cultivo de maguey pulquero : opción para el desarrollo de comunidades rurales del altiplano mexicano. *Revista de geografía agrícola*, 56, 33–44.
- Torrado-fonseca, M. R.-álvarez M. (2016). El metodo Delphi. *REIRE. Revista d'Innovacio i Recerca en Educacio*, 9(9 (1)), 0–2. <https://doi.org/10.1344/reire2016.9.1916>
- Torrentera, U. (2011). *Breve Guía del Mezcal*. Farolito Ediciones.
- Torres-Maravilla, E., Alejandra Blancas-Nápoles, J., Alberto Vázquez-Landaverde, P., Cristiani-Urbina, E., Mayorga-Reyes, L., & Elena Sánchez-Pardo, M. (2016). Evaluación de sedimentos de pulque (Xaxtle) como cultivo iniciador para obtener un producto de panificación de bajo índice glucémico. *Agrociencia*, 50(2), 183–200.
- Ulloa, J. A., Espinosa Andrews, H., Cruz Rodríguez, G. K., Rosas Ulloa, P., Ulloa Rangel, B. E., & Ramirez Ramírez, J. C. (2010). Los fructanos y su papel en la promoción de la salud. *CONACYT*.
- Vega-García, M. A., Álvarez-Ríos, G. D., & Figueredo-Urbina, C. J. (2023). Sistemas de manejo de agaves pulqueros en el estado de Hidalgo. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 10(20), 92–100. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10i20.9598>
- Vega, S. A., & Salinas, K. F. (2018). *de contabilidad . Una aplicación en las ciruelas europeas variedad D ' Agen * Introducción*.
- Vidal, C. (2005). *Fundamentos de Gestión de Inventarios*. (Universida).

Virachaca, A. (2016). *Diseño Del Método de Pronóstico De Demanda Para La Empresa De Importaciones y Exportaciones Mundoindustrial Ltda.*

III. Análisis Bibliométrico de la cadena de producción de agave pulquero

Yessica Viridiana **Fernandez Galicia**¹, Leticia Myriam Sagarnaga **Villegas**², José María **Salas González**³, Marcos **Portillo Vázquez**⁴, Manrubbio **Muñoz Rodríguez**⁵.

División de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo yessi.fernandez@hotmail.com¹, División de Ciencias Económico-Administrativas /CIESTAAM/ZOOTECNIA Universidad Autónoma Chapingo lsagarnagav@chapingo.mx Autor de correspondencia², División de Ciencias Económico-Administrativas/ CIESTAAM/ Sociología Rural jsalasg@chapingo.mx³, División de Ciencias Económico-Administrativas Universidad Autónoma Chapingo mportillo49@yahoo.com.mx⁴, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) Universidad Autónoma Chapingo mmunozr@chapingo.mx⁵

Resumen

El análisis bibliométrico permite analizar con técnicas estadísticas y matemáticas la investigación científica relacionada con un tema en específico, al realizar este tipo de análisis se obtiene información sobre el tipo de conocimiento generado y brinda información sobre las tendencias de investigación y áreas de oportunidad para investigaciones futuras. El objetivo de la investigación fue indagar el avance en la producción científica relacionada con los Agaves pulqueros, pulque y aguamiel. Se utilizó la base de datos Scopus con 471 recursos del periodo 1950 al 2022 que hablan sobre agave pulquero, pulque o aguamiel. Se analizaron diferentes indicadores bibliométricos, generados a través de biblioshiny y VOSviewer; con estas herramientas se identificaron los principales recursos, autores y países que producen investigación relacionada con el tema, se realizaron análisis de co-citacion, co-ocurrencia y emparejamiento bibliográfico. Se encontró que las principales líneas de investigación se relacionan con fisiología de las plantas, composición química del aguamiel y pulque, así como el arraigo cultural de la producción. Se detectaron brechas de conocimiento en

temas de economía, política, sustentabilidad e innovación en nuevos productos que aprovechen el potencial de esta planta conspicua.

Palabras clave: producción científica, pulque, aguamiel, agave.

Abstract

Bibliometric analysis allows the analysis of scientific research related to a specific topic with statistical and mathematical techniques. By performing this type of analysis, information is obtained on the type of knowledge generated and provides information on research trends and areas of opportunity for future research. The objective of the investigation was to investigate what is the scientific production generated in relation to Agaves pulqueros, pulque and aguamiel. The Scopus database was found 471 resources from the period 1950 to 2022 that talk about agave pulquero, pulque or mead, different bibliometric indicators generated through biblioshiny and VOSviewer were applied; with these resources was obtained authors and countries that produce research related to the subject were identified, co-citation, co-occurrence and bibliographic matching analyzes were carried out. It was found that the main lines of research are related to the physiology of plants, the chemical composition of aguamiel and pulque, as well as the cultural roots of production. There is a high potential for scientific research related to economics, politics, sustainability and innovation in new products that take advantage of the potential of this conspicuous plant.

Keywords: bibliometric analysis, pulque, aguamiel, agave.

Introducción

En la actualidad, existen diversas plataformas que permiten tener acceso a la producción científica internacional. Sin embargo, cuando se aborda un tema en específico, al navegar en las bases de datos, resulta un trabajo arduo para cualquier investigador, ordenar información y comprenderla; es decir, al estudiar

un campo del conocimiento nuevo, siempre es complejo vislumbrar el alcance del tema en su conjunto.

Ante la necesidad de identificar y medir la literatura científica, surge la bibliometría que es definida por como la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos a la cuantificación de libros y otros medios de comunicación. Otra definición acuñada por Okubo (1997) la describe como la disciplina que mide y analiza la producción de la ciencia bajo forma de artículos, publicaciones, citas, patentes y otros indicadores más complejos. En términos generales, los análisis bibliométricos permiten estudiar la producción científica que es divulgada en medios formales y lo hace a través de la cuantificación de diversos parámetros.

La bibliometría forma parte de la cienciometría la cual tiene como objeto de estudio indagar sobre las propiedades y el comportamiento de la información (Miguel et al., 2007), un reto para ambas es encontrar la forma adecuada para representar la información.

Los modelos de análisis bibliométricos permiten vincular a los lectores o investigadores con la información que se ha generado; por lo que, algunos autores han concluido que permite realizar un examen retrospectivo sobre el modo que se ha investigado y dado a conocer un tema en específico, y evalúa el potencial de investigación del tema (Escorcia, 2008).

Estos modelos se crean a través de reducir la literatura a conjuntos de datos sobre la base de análisis cuantitativos de co-ocurrencias, cocitación, y emparejamiento bibliográfico de determinadas entidades presentes en la producción científica (Miguel et al., 2007) utilizando metadatos para mapear campos científicos.

Los modelos son creados con el uso de citas, referencias bibliográficas, relaciones entre documentos, y también entre autores. Los indicadores están clasificados por producción, impacto y colaboración, así como indicadores

basados en mapas y redes sociales (Peralta González et al., 2015; Yang & Ding, 2012).

La representación gráfica de las redes sociales es una técnica que evidencia las relaciones intelectuales, así como la estructura del conocimiento científico, y es considerada una herramienta clave para estudiar la evolución de la ciencia (Vargas-Quesada & De Moya-Anegón, 2007).

Los modelos utilizan objetos de análisis, las cuales constituyen las fuentes para la visualización de dominios que en su conjunto son estudiados para identificar elementos vinculados, entre los más utilizados están: revistas, documentos, autores, palabras clave, términos, países, institutos.

Los indicadores bibliométricos constituyen herramientas que describen y evalúan un fenómeno a través de medidas cuantitativas. Cumplen dos funciones, la descriptiva y la valorativa. La función descriptiva caracteriza el estado de un sistema y la función valorativa juzga desde una perspectiva deseada el estado de un sistema (Peralta González et al., 2015).

Estos indicadores bibliométricos se pueden clasificar en indicadores unidimensionales, que analizan una única característica de los documentos, sin medir otro vínculo; y los indicadores bidimensionales, que analizan de forma simultánea diferentes variables o múltiples relaciones (Van Eck & Waltman, 2007).

De acuerdo con White & McCain (1997) las unidades de medida cuantifican las conexiones existentes entre los elementos de la unidad de análisis para evidenciar las relaciones y la estructura intelectual que constituyen. Entre las unidades de medida o indicadores bibliométricos que se pueden utilizar para la visualización de dominios están la co-citación el emparejamiento bibliográfico, y el análisis de co-ocurrencias, las cuales permiten visualizar dominios de un campo del conocimiento específico.

La co-citación es una forma de acoplamiento de documentos que es definida como la frecuencia con la que dos documentos son citados juntos (Small, 1973) en otros documentos, esta se puede dar por autores, por trabajos, por revistas o por categorías de investigación.

El análisis de co-currencias se basa en el número de artículos en los que aparecen juntas las palabras clave de los documentos analizados.

El emparejamiento bibliográfico representa la frecuencia con que son citados en simultáneo el conjunto de documentos referenciados por dos documentos diferentes (Panta-Yenque, 2015).

El índice H es un indicador de consumo científico que mide el número de publicaciones citadas al menos n veces durante un periodo de referencia (Hirsch, 2005). Este es un indicador que es utilizado para evaluar la importancia de las publicaciones de revistas y realizar comparaciones.

Los análisis relacionados con la bibliometría tienen una amplia aplicación en el estudio temático, han adquirido importancia en el desarrollo científico y gestión de la ciencia. A través de estos estudios es posible identificar las publicaciones más relevantes, el estado del arte, obsolescencia, dispersión de la literatura científica, productividad de la investigación y el tipo de conocimientos generado. Además, ha propiciado la cultura de evaluación y rendición de cuentas, en la medida que el conocimiento científico es percibido como un valor estratégico (Sanz-Valero et al., 2012).

De acuerdo con estos elementos, el objetivo de la investigación fue la aplicación de indicadores bibliométricos en el análisis de la producción científica internacional, relacionada con los Agaves pulqueros, el pulque y el aguamiel; con el fin de detectar brechas de conocimiento y áreas de oportunidad que orienten futuras investigaciones sobre estos productos.

El análisis bibliométrico permitió cuantificar la actividad científica de los Agaves pulqueros por medio de tratamientos cuantitativos y método estadísticos sobre los campos de estudio. Lo cual brinda herramientas para esbozar el rumbo de futuras investigaciones, así como retos para la producción científica, y generar nuevas ideas y focos temáticos con relación a los Agaves pulqueros.

El trabajo de investigación partió de la premisa, que el análisis de la producción científica relacionada con los Agaves pulqueros es un indicador, que evidencia cuáles son las áreas del conocimiento que se han abordado en este tema. Por tanto, se plantea la hipótesis que los temas relacionados con los Agaves pulqueros está aún en crecimiento y es un área de oportunidad para la producción científica.

Materiales y Métodos

Para esta investigación se realizó un análisis descriptivo con el uso de métodos bibliométricos, como fuente de datos se utilizó la base de datos Scopus de Elsevier, debido a que se identificó este recurso como la de mayor cobertura temporal relacionada con el pulque y los agaves pulqueros. La base de datos contiene datos desde 1868, lo cual permite realizar un análisis con mayor amplitud sobre la evolución de la producción científica relacionada con los agaves pulqueros.

Scopus constituye la mayor base de datos de producción científica a través de resúmenes, citas de literatura revisada por expertos, cuenta con herramientas inteligentes para rastrear, analizar y visualizar la investigación; ofrece una visión general de la producción mundial de investigación en los campos de la ciencia, la tecnología, la medicina, las ciencias sociales y artes y humanidades (Panta-Yenque, 2015)

Otros factores que se consideraron para la elección de Scopus son los mencionados por Aghaei Chadegani et al (2013): nivel de confiabilidad,

búsquedas en tiempo real, registros actualizados y 20% más de producción científica internacional.

Los metadatos se recopilaron con la cadena de búsqueda, resumen o palabras clave [pulque* OR aguamiel* OR salmiana* OR pulquerías OR (agave AND spp)]. Se analizó la información del periodo de 1950 al 2022. La búsqueda se limitó a artículos, revisiones, libros y conferencias.

En este trabajo se optó por seleccionar las palabras clave de autor, debido a que las palabras clave extraídas de forma automática son menos específicas y comprensibles que las palabras clave aportadas por los autores (Zhang et al., 2016).

De acuerdo a (Cobo et al., 2011), los métodos bibliométricos tienen dos usos principales; el análisis de rendimiento o desempeño, que busca valorar el trabajo científico realizado por diversos investigadores, y el mapeo científico que evidencia de manera gráfica la dinámica del conocimiento científico y su estructura (Zupic & Čater, 2015).

Para lograr tal fin, se utilizaron dos herramientas VOS Viewer para el mapeo científico a través de clúster y Biblioshiny para el análisis de rendimiento y desempeño.

Biblioshiny es una librería de código abierto del lenguaje de programación R que permitió la construcción de indicadores de productividad por autor, filiación, nivel de citación, identificación de los recursos utilizados para la producción científica (Gomez Velasco et al., 2021) así como impacto de las publicaciones a través del índice H.

A través de esta biblioteca se logró la construcción de tablas y gráficos, entre los gráficos más visualmente llamativos está la técnica denominada nube de palabras, la cual permite visualizar las palabras clave de mayor importancia de

los documentos analizados, en este análisis el tamaño de las palabras y la ubicación dentro de la nube indican el nivel de importancia.

VOSviewer es una herramienta de software para la construcción y visualización de redes bibliométricas a través de mapas, el algoritmo de clustering permite incluir diferentes parámetros de resolución, y permite la visualización de una serie de grupos temáticos, haciendo una representación bidimensional en un mapa bibliométrico (Galvez, 2018). Al realizar el análisis en clúster permite detectar aquellos nodos que tiene un mayor número de conexiones con el resto.

Con VOSviewer se realizó el análisis de co-ocurrencias por palabra clave, co-citación de autores y emparejamiento bibliográfico por países. Para el mapa de co-ocurrencias por palabras clave de autores, se realizaron pruebas con distintos parámetros, al final se decidió realizar el análisis con un mínimo de cinco para obtener clústeres temáticos homogéneos.

El mapeo de la red de co-citación de autores identificó aquellos con un mayor número de citas, y permitió entender los nodos y vínculos que se desarrollan dentro de la red.

El emparejamiento bibliográfico por países evidenció las redes de colaboración internacional; ya que, el análisis permite identificar aquellos países que tienen un mayor número de citas en común.

El algoritmo de clustering de VOSviewer incluye diferentes parámetros de resolución, según el valor que se proporcione para configurarlo; para este análisis se aplicaron diferentes valores dependiendo del tratamiento de los datos, los resultados se representaron en un mapa bibliométrico bidimensional.

Resultados

Se obtuvieron 471 documentos para el periodo 1950-2022, con relación a los medios donde se publica, se incluyen revistas, libros, y conferencias. En este análisis se tomaron en cuenta los recursos sobre revistas científicas.

Se analizaron 417 documentos de 304 recursos y un total de 1708 autores. Se ha escrito sobre maguey pulquero en chino, inglés, portugués, español y alemán. Las publicaciones datan de 1950 al 2022. La investigación relacionada con maguey pulquero se publica en 50 revistas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Revistas con mayor número de publicaciones sobre pulque

#	Título de la revista	Doc..	#	Título de la revista	Doc
1	Agrociencia	10	16	Probiotics and Antimicrobial Proteins	4
2	Journal of Agricultural and Food Chemistry	9	17	Scientific Reports	4
3	Plans foods for human nutrition	7	18	Zootaxa	4
4	Revista Fitotecnia Mexicana	6	19	Alcohol in Latin America: A social and Cultural H.	4
5	Revista Mexicana de Ingeniería Química	6	20	Ancient Mesoamerica	3
6	Southwestern Entomologist	6	21	Animal Feed Science and Technology	3
7	Botanical Sciences		22	Bionergy Research	3
8	LWT	5	23	Carbohydrate Polymers	3
9	Mexican Journal of Biotechnology	5	24	DYNA Colombia	3
10	Antonie Van Leeuwenhoek International Journal G.	5	25	Florida Entomologist	3
11	Economic Botany	4	26	Food Research International	3
12	Flora: Morphology Distribution Functional Ecology	4	27	Foods	3
13	Frontiers in Plant Science	4	28	GCB Bionergy	3
14	International Journal of Biological Macromolecules	4	29	Genetic Resources and Crop Evolution	3
15	Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine	4	30	Haseltonia	3

Fuente: Biblioshiny, basado en el conjunto de datos de Scopus

La revista Agrociencia es la que ha publicado un mayor número de artículos relacionados con el pulque (10), seguida de Journal of agricultural and food

chemistry (9), Plan foods for human nutrition ha publicado 7 artículos con relación al pulque.

Durante el periodo de análisis, la revista con mayor número de citas es Journal of Agricultural and Food Chemistry, con 255 citas, seguida de International Journal of Food Microbiology, con 139 citas, y la Journal of Agricultural and Food Chemistry con 138 citas. La revista Agrociencia tiene un total de 79 citas.

Estos resultados evidencian que la mayor parte de las citas generadas, han sido a partir de revistas que publican temas relacionados con química, es de resaltar que la revista Agrociencia, que es la que tiene mayor número de publicaciones, no es la más citada.

Con relación al índice H, la revista mejor posicionada es la Journal of agricultural and food chemistry, con un impacto de 9. El que una revista esté incluida en este índice, indica que está incluida en alguna base de datos científica y que su factor de impacto la sitúa en una posición destacada (Cuadro 4).

Cuadro 4. Índice H de publicaciones sobre pulque, aguamiel

#	Título de la revista	Indice H
1	Journal of Agricultural and Food Chemistry	9
2	Plans foods for human nutrition	6
3	Agrociencia	4
4	Antonie Van Leeuwenhoek International Journal G.	4
5	Economic botany	4
6	Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine	4
7	LWT	4
8	Probiotics and Antimicrobial Proteins	4
9	Revista Fitotecnia Mexicana	4
10	Animal Feed Science and Technology	4

Fuente: Biblioshiny, basado en el conjunto de datos de Scopus

Por tanto, una revista con un índice H alto indica que publica artículos citados por otros investigadores en su campo de investigación, es decir, se considera una revista influyente en el campo de la investigación.

La orientación sobre las temáticas que se han desarrollado sobre el tema analizado se aglomera en cuatro clústeres (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

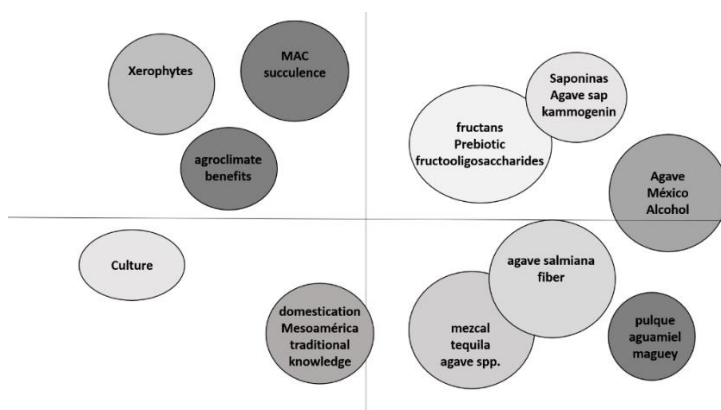


Figura 6. Clústeres sobre los principales temas sobre pulque y aguamiel

Fuente: Biblioshiny, basado en el conjunto de datos de Scopus

Clúster 1: "Características fisiológicas y usos alternativos". En esta categoría se habla sobre el Metabolismo Ácido Crasuláceo (MAC), la característica de plantas xerofitas adaptadas a condiciones de sequía, la capacidad de succulencia en sus órganos y los beneficios agroclimáticos que aportan estas cualidades fisiológicas.

Clúster 2: "Valor cultural del agave pulquero y el pulque". Se refiere a temas que se han investigado relacionados con la tradición pulquera desde la época prehispánica y su fuerte arraigo cultural con la historia de México y los conocimientos ancestrales para su producción.

Clúster 3: "Propiedades químicas del pulque". En esta tendencia de investigación se localizan temas relacionados con los procesos químicos propios de los Agaves. Los Agaves acumulan una gran cantidad de azúcar en todo su organismo, esta azúcar se denomina fructano. El principal fructano de los agaves

es la inulina, en esta sustancia están presentes saponinas, prebióticos. Gracias a estos azúcares presentes en los Agaves se pueden producir bebidas alcohólicas.

Clúster 4. "Productos derivados de los Agaves". En este clúster los investigadores han indagado sobre los principales productos derivados de los agaves, entre los que están los destilados, las fibras, el pulque y aguamiel.

El siguiente análisis bibliométrico se fundamenta en la premisa de que el número de publicaciones muestra la productividad científica de un investigador (Cortéz, 2007), desde este punto de vista, el autor con mayor número de citas es Gutiérrez Uribe J.A investigador que se destaca por el análisis de las propiedades del aguamiel que aporta beneficios a la salud (Cuadro 5).

Cuadro 5. Autores con mayor número de citas

#	Nombre del autor	Núm. de citas
1	Gutiérrez Uribe J.A	13
2	Aguirre Rivera JR	12
3	Escalante A.	12
4	Peña Valdivia C.B.	12
5	López MG	10
6	Pinos Rodríguez JM	10
7	Aguilar CN	9
8	Santos Zea	9
9	Casas A.	8
10	Chávez Guerrero L.	8

Fuente: Biblioshiny, basado en el conjunto de datos de Scopus

Otro indicador, que aporta información de interés para la comunidad científica, es el autor más citado en la temática analizada, el cual es Andrade-Cetto con un

artículo publicado en el año 2005, en donde realiza una investigación sobre los beneficios que aporta el aguamiel en el control de la diabetes (**Figura 7**)

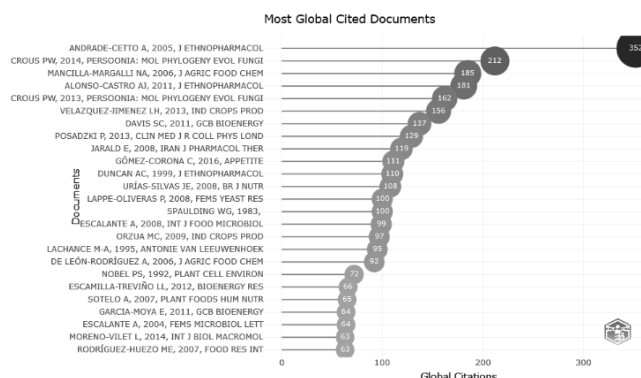


Figura 7. Artículos con mayor número de citas sobre maguey pulquero
Fuente: Biblioshiny, basado en el conjunto de datos de Scopus

En el análisis de nube de palabras (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), destacan tres grupos semánticos: uno relacionado con el valor cultural del pulque y sus características sociales, otro sobre las especies y fisiología del Agave, y otro con palabras que no pueden asociarse a una línea en específico, dos de las cuales hablan sobre análisis de regresión e historia económica.



Figura 8. Nube de palabras del análisis biblioshyni
Fuente: Biblioshiny, basado en el conjunto de datos de Scopus

El análisis de co-ocurrencia y co-citacion se realizó en VOSViewe, respecto al análisis de co-ocurrencia sobre palabras clave de los autores, limitando a 7 co-ocurrencias.

Se encontró que 19 palabras clave son las que dominan los nodos (Figura 9), es decir, es la frecuencia con que aparecen dos o más palabras clave juntas en la base de datos analizada. Con este análisis se puede conocer las temáticas de investigación que se han abordado, las cuales son:

Clúster 1 "Composición química" en color rojo identificado por siete palabras clave: agave salmiana, aguamiel, fructans, fructooligosaccharides, prebiotic, saccharomyces cerevisiae, saponins.

Clúster 2 "El agave como fuente de energía" en color verde compuesto por seis palabras clave, agave, biofuel, biomass, crassulacean acid metabolic, ethanol, fermentation.

Clúster 3 "El pulque y sus propiedades" en color azul por el uso de tres palabras clave: lactic acid bacteria, maguey y pulque.

Clúster 4 "El agave y la producción de alcohol" en color verde manzana compuesto por tres palabras alcohol, mezcal, tequila.

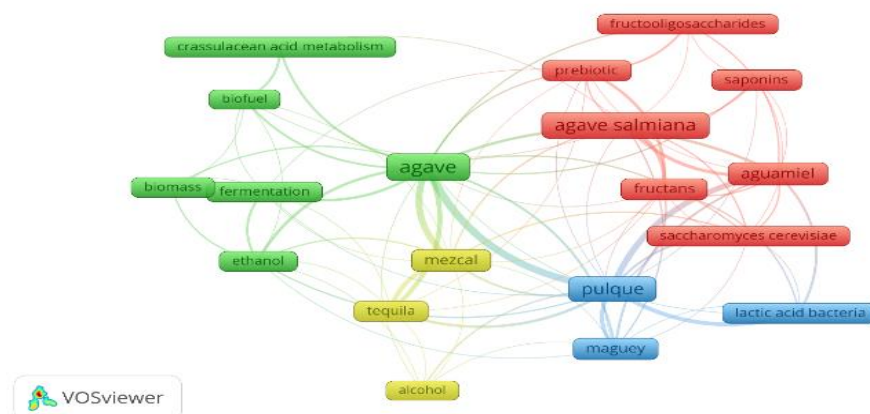


Figura 9. Análisis de Co-currencias palabras clave del autor
Fuente: VosViewer, basado en el conjunto de datos de Scopus

En el análisis de co-citacion (**Figura 10**) se buscó identificar los trabajos que citan dos o más autores, para analizar la relación entre ellos; ya que, la relación de co-citacion sugiere que estos autores comparten ideas similares, colaboran o tienen similar línea de investigación; se identificaron cuatro clústeres:

El clúster 1, en color rojo, al cual pertenecen catorce autores, encabezado por Lopez M.G. con un total de 322 citas con temas relacionados con la composición química de los agaves.

El clúster 2, en color verde, se refiere a nueve autores, de los cuales la más citada es Escalante E.A. con 343 citas. Los temas que relacionan a este grupo de investigadores es el aguamiel, la fermentación y sus propiedades químicas.

El clúster 3, en color azul, incluye siete autores, el más citado es Nobel P.S. con 258 citas. La relación entre estos investigadores es el estudio de la fisiología de los agaves y las condiciones climáticas para su desarrollo.

El clúster 4, en color azul manzana, tiene siete autores, el más citado Gutierrez-Uribe J.A. con 255 citas. La línea de investigación de estos autores es el análisis de las propiedades nutraceuticas del aguamiel y las bacterias que interviene en el proceso de fermentación.

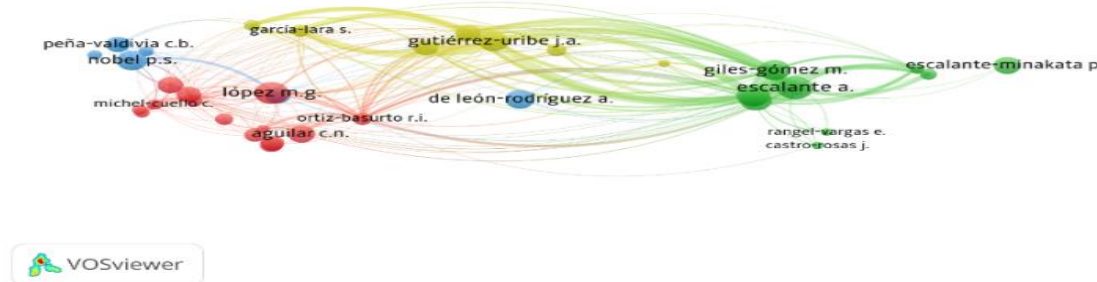


Figura 10. Clústeres de Co-citacion de autores
Fuente: VosViewer, basado en el conjunto de datos de Scopus

En autor más citado (Cuadro 6), en el tema de maguey pulquero, es Escalante A., quién realizado investigaciones relacionadas con el manejo, caracterización del pulque y el desarrollo de esta actividad a través del tiempo.

Cuadro 6. Cuadro de autores más citados en temas relacionados con pulque y aguamiel

Autor	Documentos	Citas	Fuerza del nodo
Gutiérrez-Urbe J.A.	13	255	110
Escalante A.	12	343	107
Santos-Zea L.	9	180	98
Bolívar F.	7	298	92
Giles-Gómez M.	8	264	77
Casas A.	8	105	24
Michel-Cuello C.	7	71	22
Pinos-Rodríguez J.M.	10	162	22
Aguirre-Rivera J.R.	12	176	21
Juárez-Flores B.I.	7	81	21
López M.G.	10	322	17
Nobel P.S.	8	258	15
Rodríguez-Herrera R.	8	46	13
Aguilar C.N.	9	196	11
Chávez-Guerrero L.	8	88	6
Peña-Valdivia C.B.	12	158	6

Fuente: Elaboración propia con VosViewer, basado en el conjunto de datos de Scopus.

El emparejamiento bibliográfico por países permite identificar los vínculos existentes sobre la producción científica de un área determinada, es decir, identificar que países desarrollan investigación científica en colaboración. El tamaño de las líneas identifica la fuerza del nodo.

Para este análisis se utilizaron los siguientes valores de referencia, mínimo siete documentos por país, siete citas como mínimo en conjunto en un conteo total fraccional. Para el caso del agave pulquero se identificaron tres clústeres de países:

Clúster 1 con el color rojo integrado por seis países, Brasil, Canadá, Alemania, Portugal, Sudáfrica y España.

Clúster 2 con el color verde integrado por tres países México, Reino Unido y Estados Unidos. En el gráfico se observa que estos países desarrollan investigación entre ellos y con países miembros de otros clústeres.

Clúster 3 en color azul integrado por Francia e India (**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

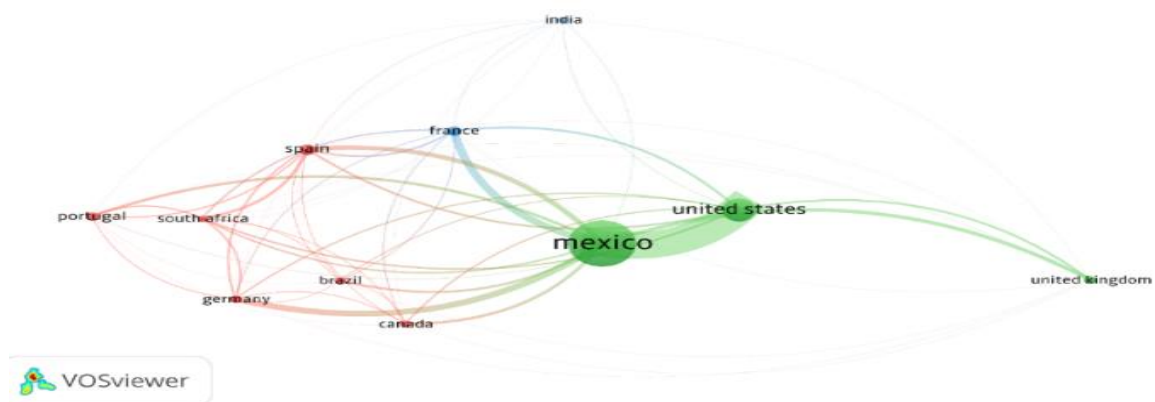


Figura 11. Emparejamiento bibliográfico por países
Fuente: VosViewer, basado en el conjunto de datos de Scopus

El último indicador bibliométrico aplicado identificó la productividad por países que han realizado investigación sobre el tema analizado, los indicadores generados fueron: número de investigaciones realizadas, citas por país y fuerza del nodo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Países con citas y documentos de maguey pulquero

País	Documentos	Citas	Fuerza del nodo
México	352	5714	12108
EE. UU.	85	2037	8489
España	20	535	3282
Francia	16	700	3052
Alemania	10	344	2933
Sudáfrica	8	568	2546
Canadá	9	322	1667
Portugal	13	185	1525
Brasil	10	251	1467
Reino Unido	11	680	1253

India	7	183	284
-------	---	-----	-----

Fuente: VosViewer, basado en el conjunto de datos de Scopus

El país que tiene mayor investigación en relación con el tema analizado es México con 352 documentos, seguido por Estados Unidos con 85 y en tercer lugar Francia con 16 documentos.

Conclusiones y limitaciones

Las técnicas de análisis bibliométricos permiten conocer el estado del arte de un campo del conocimiento en específico. Después de realizar el análisis en la base de datos Scopus se identifica que existe incipiente producción científica con relación a la temática analizada, 417 documentos en el periodo de 1950 al 2022.

El análisis bibliométrico encontró que existen tres tendencias en la investigación: características fisiológicas y usos alternativos del agave pulquero, propiedades químicas del aguamiel y el pulque, valor cultural del agave pulquero y el pulque.

De acuerdo con los indicadores generados en relación con artículos y autores con mayor número de citas, se concluye que el tema que ha influido en mayor medida las líneas de investigación es el relacionado a las características químicas del aguamiel, pulque y sus propiedades medicinales.

Al tener esta información se percibe que existe potencial para el Agave pulquero para la generación de investigación y desarrollo en la producción de suplementos alimenticios, biocombustible y alcohol.

Sin embargo, a la par, es importante estudiar desde el punto de vista económico y de sustentabilidad la viabilidad de la cadena de producción para incursionar en nuevos modelos de negocio para la red de valor. Ya que existe un alto potencial de investigación en temas de agaves pulqueros en diversas áreas del conocimiento por lo que es un campo fértil para la investigación científica.

El país que genera una mayor productividad es México, pero el interés de investigadores extranjeros por estos temas es creciente y están abordando temas

especializados como modelos de pronóstico de precios del agave tequilero y tendencias de consumo. Aunque la producción científica va en aumento, aún no es suficiente para realizar estudios comparativos y descriptivos.

Literatura Citada

- Aghaei Chadegani, A., Salehi, H., Md Yunus, M. M., Farhadi, H., Fooladi, M., Farhadi, M., & Ale Ebrahim, N. (2013). A comparison between two main academic literature collections: Web of science and scopus databases. *Asian Social Science*, 9(5), 18–26. <https://doi.org/10.5539/ass.v9n5p18>
- Cobo, M. J., Lopez-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the fuzzy sets theory field. *Journal of Informetrics*, 5(1), 146–166. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.10.002>
- Cortéz, D. (2007). Medir la producción de los investigadores universitarios: la bibliometría y sus límites. *Revista de la educación superior*, XXXVI(142), 43–65.
- Escorcía, T. A. (2008). El análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado [tesis]. Pontificia Universidad Javeriana. *Director*, 1–61.
- Galvez, C. (2018). Co-word analysis applied to highly cited papers in Library and Information Science (2007-2017). *Transinformacao*, 30(3), 277–286. <https://doi.org/10.1590/2318-08892018000300001>
- Gomez Velasco, N. Y., Chaviano, O. G., & Ballesteros Alfonso, A. L. (2021). Dinámicas de la producción científica colombiana en economía: un estudio bibliométrico en Scopus 2007-2019. *Lecturas en Economía*, 95, 277–309.
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(46), 16569–16572. <https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>
- Miguel, S., Moya-Anegón, F., & Herrero-Solano, V. (2007). El análisis de co-citas como método de investigación en Bibliotecología y Ciencia de la Información. *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información*, 21(43), 139–155. <https://doi.org/10.22201/iibi.0187358xp.2007.43.4129>
- Okubo, Y. (1997). *Indicateurs bibliométriques et analyse des systèmes de recherche : Méthodes et exemples*. 69.
- Panta-Yenque, M. (2015). *Análisis de la bibliografía fundamental en ingeniería y dirección de proyectos en idioma español*.

- Peralta González, M. J., Maylín, I., Guzmán, F., Orlando, I., & Chaviano li, G. (2015). *Criterios, clasificaciones y tendencias de los indicadores bibliométricos en la evaluación de la ciencia Criteria, classifications and tendencies of bibliometric indicators in the evaluation of the science*. 26(3), 290–309.
- Sanz-Valero, J., Gil, Á., Wanden-Berghe, C., & Martínez de Victoria, E. (2012). Análisis bibliométrico y temático de la producción científica sobre ácidos grasos omega-3 indizada en las bases de datos internacionales sobre ciencias de la salud. *Nutricion Hospitalaria*, 27(SUPPL. 2), 41–48. <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.sup2.6272>
- Small, H. (1973). Co-citation in the Scientific Literature : A New Measure of the Relationship Between Two Documents. *Journal of the American Society for information Science*, 24(4), 265–269.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2007). VOS: A new method for visualizing similarities between objects. *Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization*, 299–306. https://doi.org/10.1007/978-3-540-70981-7_34
- Vargas-Quesada, B., & De Moya-Anegón, F. (2007). Visualizing the Structure of Science. En *New York, NY: Springer*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/3-540-69728-4>
- White, H., & McCain, K. (1997). Visualization of literatures. Annual. *Annual Review of Information Systems and Technology(ARIST)*, 99–168.
- Yang, E., & Ding, Y. (2012). Scholarly Network Similarities: How Bibliographic Coupling Networks, Citation Networks, Cocitation Networks, Topical Networks, Coauthorship Networks, and Coword Networks Relate to Each Other. *JJournal of the American Society for Information Science and Tec*, 64(July), 1852–1863. <https://doi.org/10.1002/asi>
- Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization. Organizational Research Methods. *Organizational Research Methods*, 429–472.

IV. El pulque: una perspectiva desde los agronegocios

Yessica Viridiana **Fernandez Galicia**¹, Leticia Myriam Sagarnaga **Villegas**², José María **Salas González**³, Marcos **Portillo Vázquez**⁴, Manrrubio **Muñoz Rodríguez**⁵.

División de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo yessi.fernandez@hotmail.com¹, División de Ciencias Económico-Administrativas /CIESTAAM/ZOOTECNIA Universidad Autónoma Chapingo lsagarnagav@chapingo.mx Autor de correspondencia², División de Ciencias Económico-Administrativas/ CIESTAAM/ Sociología Rural jsalasg@chapingo.mx³, División de Ciencias Económico-Administrativas Universidad Autónoma Chapingo mportillo49@yahoo.com.mx⁴. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) Universidad Autónoma Chapingo mmunozr@chapingo.mx⁵

Resumen

El pulque es la bebida alcohólica fermentada más conocida de México, es extraído del agave *Salmiana* o agave pulquero, su explotación se concentra en la región centro de México. En los últimos años su consumo se ha incrementado debido a una mayor valorización de la identidad nacional y por su carácter natural libre de conservadores. El aumento en el consumo ha incentivado a los agricultores a invertir en la plantación de este agave. Sin embargo, existe incipiente literatura científica sobre la rentabilidad de esta actividad productiva y sus márgenes de comercialización. Esta investigación contribuye a identificar la rentabilidad del cultivo a través de estimar costos de producción e ingresos sobre una Unidad Representativa de Producción ubicada en Coatepec, Ixtapaluca, México. La información se colectó a través de paneles de productores, los datos se procesaron conforme a la metodología de la Asociación de economistas agrícolas de Estados Unidos, adaptada para México. La producción de pulque en las condiciones y región descritas es un agronegocio rentable, principalmente por el nivel de integración de la cadena de producción, bajos costos de transacción y venta en canales cortos de comercialización, se recomienda ampliar los estudios económicos en otras zonas pulqueras y evaluar competitividad.

Palabras clave. *Agave salmiana*, aguamiel, costos de producción, rentabilidad.

Abstract

Pulque is the best known fermented alcoholic drink in Mexico, it is extracted from the agave *Salmiana* or agave pulquero, its exploitation is concentrated in the central region of Mexico. In recent years, its consumption has increased due to a greater appreciation of national identity and its natural nature free of conservatives. The increase in consumption has encouraged farmers to invest in planting this agave. However, there is an incipient scientific literature on the profitability of this productive activity and its marketing margins. This research contributes to identify the profitability of the crop by estimating production costs and income on a Representative Production Unit located in Coatepec, Ixtapaluca, Mexico. The information was collected through producer panels, the data were processed according to the methodology of the Association of Agricultural Economists of the United States, adapted for Mexico. The production of pulque in the conditions and region described is a profitable agribusiness, mainly due to the level of integration of the production chain, low transaction and sales costs in short marketing channels, it is recommended to expand economic studies in other pulque areas and evaluate competitiveness.

Keywords. *Agave salmiana*, aguamiel, production costs, profitability.

Introducción

En México los magueyes o agaves son plantas de gran importancia cultural, ecológica y económica, alrededor de ellas se entretajan fragmentos de la historia, por lo que son consideradas parte de la identidad nacional.

Los agaves son plantas endémicas de América, taxonómicamente se ubican en la familia de las Agaváceas (Granados Sánchez, 1993) según lo propuesto por García-Mendoza (2011) existen 340 especies, de las cuales 261 se encuentran en México.

El maguey tiene múltiples usos: forraje, alimento para consumo humano, construcción, fibras textiles, entre otros; es por ello, que García *et al* (2016) lo ha caracterizado como una planta de carácter multifuncional y polifacética. Sin embargo, su principal uso es la producción de bebidas alcohólicas tradicionales (Pérez-Zavala *et al.*, 2020).

Del agave se obtienen dos tipos de bebidas, las no destiladas y las destiladas (Arrizón *et al.*, 2007). Las bebidas destiladas a base de agave son las más populares, y son conocidas con el nombre genérico de mezcal (Lappe-Oliveras *et al.*, 2008), entre las que se encuentra el tequila, el mezcal, la raicilla, EL y el bacanora.

Dentro de las bebidas no destiladas, el pulque es considerada la bebida prehispánica más emblemática e icónica de México (Gonçalves de Lima, 1990). De acuerdo con diversos autores, el pulque es obtenido principalmente de los agaves *A. atrovirens*, *A. mapisaga* y *A. salmiana* (Escalante *et al.*, 2011), aunque existen otras variedades de las cuales también se obtiene aguamiel para la producción de pulque como el *A. hookeri*, *A. americana*, *A. teometl* Zucc, *A. weberi* Cels., *A. altissima* Jacobi., *A. compliala* Trel., *A. gracillispina* Englem., *A. malliflua* Trel. (Guerrero-Beltrán, 2013).

Sin embargo, el más utilizado para la producción de pulque es el *agave Salmiana*, debido a que se obtienen mejores rendimientos de esta variedad, por tanto, es la variedad usada para la investigación que se presenta

El pulque es producto de la fermentación de la savia o aguamiel del agave pulquero. El aguamiel es un líquido traslucido de sabor dulce y fresco obtenido de la raspa del corazón del maguey pulquero, que al fermentarse produce una bebida alcohólica espesa, blanca, viscosa, ligeramente ácida, con una graduación que va del 4 a 7% de alcohol (Escalante *et al.*, 2016).

El pulque es una fuente importante de prebióticos y probióticos que tienen diversas actividades biológicas para promover la salud. Gutiérrez-Urbe *et al*

(2017) señalan que la microbiota compleja del pulque se ve afectada por el proceso de fabricación, así como por las condiciones de recolección del aguamiel; por lo que la calidad y aporte nutrimental del pulque es diferente para cada zona de producción en México.

El consumo de pulque ha pasado por diferentes periodos, desde el florecimiento de las haciendas pulqueras a su casi extinción, provocada por la asociación del pulque a supuestas prácticas poco higiénicas en su producción.

La disminución en el consumo impactó directamente en la superficie sembrada de maguey pulquero. De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2021) en 1984 se tenían 1,780 hectáreas sembradas, la segunda cifra más baja de los últimos 38 años, sin embargo, para 1994 la superficie sembrada alcanzó un máximo histórico de 16,912 hectáreas. A partir de 1994 la superficie sembrada ha sufrido fluctuaciones con tendencia a la estabilización y una tasa media de crecimiento anual del 4%.

Con relación al precio del aguamiel para el año 2000 el precio medio rural por litro de aguamiel fue 0.018 centavos (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2021) para el año 2021 se comercializó en 4.78 pesos, es decir registró una tasa media de crecimiento anual del 25%. Este proceso de revalorización ha propiciado las condiciones para que el cultivo sea atractivo en términos económicos para los agricultores que habían dejado de plantar maguey pulquero.

El aumento en el valor de la producción es un indicador de que el pulque sigue siendo una bebida popular, en la actualidad su consumo se ha expandido no solo a pulquerías, también es comercializado en restaurantes, neopulquerías, tianguis, y puntos de venta callejeros (Blas-Yañez *et al.*, 2018), y a razón de la pandemia de COVID 2019 la venta se ha diversificado a través de reparto en páginas web.

En orden de importancia la producción de maguey pulquero se concentra en los Estados de Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, y en cuarto lugar figura el Estado de México. La investigación se desarrolla en este último estado en la comunidad de Coatepec municipio de Ixtapaluca, la cual está ubicada al oriente del Valle de México. La comunidad ostenta vocación pulquera desde la época prehispánica, y actualmente es una de las comunidades clave en México para entender el proceso de revalorización del pulque.

Su consumo se ha generalizado no solo en el centro del país; se ha expandido a estados como Chihuahua, Sonora, Sinaloa, Baja California, por mencionar algunos, con la venta de subproductos y pulque natural, detonado gracias a la promoción que se realiza en eventos gastronómicos, ferias culinarias, y fiestas populares que permite atraer consumidores jóvenes (Lappe-Oliveras et al., 2008).

El pulque ha sido estudiado ampliamente desde diferentes puntos de vista (Gonçalves de Lima, 1990); sin embargo, existe poca o nula información que permita conocer la ganancia de la producción de pulque y sus derivados. Entendiendo ganancia como la diferencia entre el valor de los productos finales y el valor de los factores de la producción utilizados (Rasmussen, 2011).

Ante la escasa información económica que se tiene de los agaves pulqueros se propone realizar este trabajo de investigación que permita responder las siguientes preguntas: ¿Cuánto cuesta producir un litro de aguamiel, un litro de pulque, y una planta lista para explotación en el área de análisis? ¿En qué precio se comercializan estos productos? ¿Cuál es el margen de ganancia de cada uno de los productos?, ¿Qué factores influyen en el desarrollo de la actividad productiva de la región?

Al responder estas preguntas se busca generar información económica que oriente la toma de decisiones agroempresariales, así como identificar los factores que influyen en el comportamiento económico de los actores de la cadena productiva.

Por lo tanto, el objetivo de la investigación es cuantificar ingresos y costos de producción del maguey pulquero en Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México, que permita identificar si es posible generar un agronegocio rentable, así como establecer los factores que determinan la rentabilidad. Al generar este tipo de información económica es posible orientar la toma de decisiones agroempresariales para los actores de la cadena productiva.

Materiales y métodos

En la investigación se hace un análisis de tipo cuantitativo descriptivo que permite esbozar las condiciones técnicas y económicas generales de la producción de maguey pulquero en Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México

La información que sustenta la investigación, fue recabada a través de la técnica de paneles de productores, con la cual, se realizó un proceso de análisis, discusión y consenso de productores expertos, y se modeló una Unidad Representativa de Producción (URP).

El concepto de Unidades Representativas de Producción fue introducido por Marshall (1980) para describir a una empresa, cuya actuación es representativa de un sector específico ya que ayuda a conocer el comportamiento y desempeño de empresas similares en el sector de análisis.

La técnica de paneles es una adaptación de la técnica Delphi (Torrado-Fonseca, 2016), mediante la cual se recaba información de un panel de productores expertos, quienes tienen como tarea construir una URP modelo, y aprobar la capacidad de esta para reflejar razonablemente la actividad económica de las unidades de producción que representan (The Agricultural & Food Policy Center (AFPC) & Suggested, 2021), por lo que se requiere un panel integrado por productores con características técnicas, de tamaño, y nivel de activos que sean representativas de la región de estudio.

Para construir la URP se realizaron dos sesiones de paneles; una para la recolección de datos y otra para la validación de los hallazgos encontrados.

Las fuentes principales de información fueron cinco agricultores dedicados a la producción de maguey pulquero, seleccionados a través de muestreo no probabilístico, de selección experta (Pimienta Lastra, 2000), los criterios de selección de los participantes fueron homogeneidad en escala de producción, nivel tecnológico, así como capacidades de gestión y comercialización similares, adicionalmente se contempló que los panelistas fueran considerados productores líderes de opinión en la tecnología analizada.

Durante el panel se pidió a los panelistas describir las labores culturales, productivas para obtener aguamiel y pulque, así como detallar información de insumos, infraestructura, maquinaria, equipo, pago de salarios, destino de la producción, tipo de mano de obra, precios, ingresos y subvenciones recibidas.

Con la información recabada se modeló la URP denominada COMGY01. Las siglas hacen referencia a la ubicación (CO: Coatepec, Estado de México), producto analizado (MGY: Maguey) y escala de producción (01: 1 hectárea), cuya viabilidad económica y financiera se analiza en este trabajo.

Los datos obtenidos del panel se procesaron en una hoja de cálculo, los resultados emanados del análisis económico se presentaron en un segundo panel de validación de resultados realizado en 2021.

Para la estimación de costos en esta investigación, se usó la metodología desarrollada por el Comité de Recursos de Información y Estadísticas Económicas de la Asociación Estadounidense de Economía Agrícola el (American Agricultural Economics Association Task Force., 2000), el cual brinda una base teórica y metodológica para la estimación de costos de producción agrícola.

Los criterios establecidos son utilizados actualmente por el Servicio de investigaciones económicas (ERS por sus siglas en inglés) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para la estimación de costos de productos agrícolas, misma que sirvió como referente para el diseño de una metodología aplicada para el sector agropecuario mexicano “Metodología para estimar costos, ingresos y viabilidad financiera en Unidades Representativas de Producción”, cuya aplicación fue ajustada en aspectos específicos en función de las características e información disponible en las unidades representativas de producción mexicanas (Sagarnaga et al., 2018).

Esta metodología se aplica para calcular los precios objetivo de la empresa, además de su rentabilidad y viabilidad financiera y económica.

En referencia a las definiciones de la American Agricultural Economics Association Task Force (2000) un costo se define como el valor de los recursos consumidos en la producción, frecuentemente dado por el precio del insumo. Aunque cada empresa o unidad de producción tiene su propia estructura de costos, es posible identificar costos típicos en los que incurren las empresas agrícolas. La investigación aborda cuatro conceptos generales de costos: desembolsados, financieros, económicos y totales.

El CD se asocia a un periodo corto, generalmente un año y que permiten la continuidad de la empresa al tener la capacidad de cubrir las obligaciones en efectivo de la empresa oportunamente (Sagarnaga et al., 2018), se calcula con la suma de los costos de operación, más los costos como mano de obra indirecta, mantenimiento de los activos fijos, costos de conservación de obras extraordinarias, gastos de conservación de la tierra, pago de servicios, seguros, impuestos sobre activos.

Los CO son todos aquellos costos de insumos fungibles consumidos durante el periodo de producción (American Agricultural Economics Association Task Force., 2000), estos costos varían directamente con el proceso de producción. Para calcular los CO se utilizó la siguiente fórmula:

$$CO = \sum_{j=1}^n a_{ij} p_j$$

A_j = Insumo j empleado en la producción del producto i p_j = Precio del insumo

El monto total resulta de la sumatoria de los costos de operación identificados dentro de la empresa.

Para analizar la viabilidad financiera de la empresa se debe calcular el CFel cual se obtiene de la suma de los costos desembolsados, anteriormente descritos, más los CG, interpretando este último concepto como aquellos costos derivados de utilizar activos de capital que brindan servicios durante múltiples períodos de producción (American Agricultural Economics Association Task Force., 2000), es decir que incluyen la depreciación de activos, así como otros costos indirectos que no son incluidos en el cálculo de los costos desembolsados.

En los CF se incluyen todos los conceptos comúnmente aceptados en los sistemas contables tradicionales; generalmente estos son cuantificados con fines financieros o de pago de impuestos.

El monto de los CG es independiente del nivel de producción de la empresa, para obtener el total de los CG se utilizó la siguiente fórmula:

$$CG = \sum_{k=1}^n a_{ik} p_k$$

A_k = Factor k empleado en la producción de P, p_k = Precio del factor k

El cálculo total del CF es la suma de todos los costos generales estimados más los costos desembolsados.

El CE se encuentra estrechamente relacionado con el concepto de costo de oportunidad, el cual es definido para el sector agropecuario latinoamericano por Frank (1985) como un costo implícito, el cual es equivalente al ingreso que se deja de percibir al retirar un insumo limitante de una alternativa para asignarlo a otra, un recurso posee costo de oportunidad cuando tiene un uso alternativo.

Esta definición es reforzada con el acuñado por Case (2012) donde explica que es la mejor alternativa que se abandona, o se renuncia, al realizar una elección o tomar una decisión. Es importante contemplar el monto que dejan de percibir los agricultores por usar recursos en la producción de maguey pulquero, y no invertirlos en otra actividad, para esto es necesario identificar los costos que no se pagan directamente con recursos monetarios; en este tipo de costos se considera la remuneración por los factores de la producción empleados en la empresa o unidad de producción tanto para el dueño de la tierra o el arrendador.

Los CT se calculan de la sumatoria de los costos desembolsados, costos financieros y costos económicos, la empresa se considera con viabilidad y rentabilidad en el largo plazo si es capaz de obtener un INE positivo, con este nivel de análisis se obtuvo IND que indica si la empresa es capaz de cumplir con sus compromisos en el corto plazo así como el flujo de efectivo, el INF revela si la empresa puede cumplir en el mediano plazo con sus compromisos financieros y de reemplazo de equipos y maquinaria.

Para obtener el INE es necesario calcular los IT de la empresa, los IT se calcularon multiplicando el precio de venta de cada producto por la producción obtenida, más las transferencias o subvenciones obtenidas. Finalmente, el INE se obtuvo al restar al ingreso total los costos totales económicos, el IND se obtuvo de la resta de los ingresos totales menos los costos desembolsados, y el INF de la resta de los ingresos totales menos los costos financieros.

Con este análisis se estimó el costo de producción por planta, litro de aguamiel y litro de pulque, lo que permite determinar si están vendiendo por encima o debajo de sus costos desembolsados, financieros o económicos.

Con la finalidad de evaluar la rentabilidad económica de la producción de maguey pulquero y con los datos obtenidos de costos e ingresos anuales se calculó el flujo neto de efectivo, que indica el saldo resultante de los ingresos menos los costos (Kousenidis, 2006).

El flujo de efectivo es utilizado para el cálculo de la tasa interna de rendimiento o de inversión (TIR), definida como la rentabilidad de la empresa o de un proyecto de inversión, matemáticamente se expresa como la tasa de descuento que, al aplicarse, iguala a cero el valor presente neto (Ramírez, Díaz, 2019) es decir es la tasa de interés máxima a la que puede endeudarse el proyecto o empresa evaluada, o bien es la tasa de interés que brinda el proyecto.

Finalmente, con los resultados del análisis de la URP se proyectaron dos escenarios alternativos de integración en la cadena de valor. La línea de base corresponde a COMGY01 tal y como fue modelada por los productores, con venta de aguamiel y pulque; un primer escenario considera la alternativa de que la URP destine toda la producción de aguamiel únicamente a la producción de pulque (COPU01); y el segundo escenario considera que la totalidad del aguamiel sea comercializado en fresco (COAGM01), es decir sin procesarlo para la producción de pulque.

Es importante acotar que en el análisis realizado para COAGM01 los costos de procesar del pulque fueron desagregados de los costos generados, por lo tanto, reflejan el costo de producción del eslabón de la producción primaria es decir el costo de producir aguamiel. En el modelo COPU01 el costo por litro de pulque incluye el costo de producción de aguamiel más los costos erogados en el tinacal; es decir el costo del eslabón de la transformación, así como los costos por distribución y comercialización. Lo anterior permite conocer el costo de producción primaria y realizar comparaciones con otras regiones del país que no pueden intervenir en el proceso de la transformación o en la comercialización.

Con los datos de los dos escenarios alternativos se realizó una comparación con la línea de base, con la finalidad de evaluar cuál es la opción más viable en términos económicos.

Resultados y discusión

En la actualidad existen tres métodos de propagación del maguey: por hijuelos, semilla y recientemente in vitro; sin embargo, el método más usado por los agricultores se da través de hijuelos o mecuates, los cuales son retoños que brotan de las raíces del maguey y constituyen plantas nuevas (Enciso, 1950). Este método es el más usado en la región de análisis, requiere establecer un almácigo para el crecimiento adecuado de los hijuelos y cuando alcanzan el tamaño requerido son trasplantados a la plantación definitiva.

Para el establecimiento del almácigo se requiere una superficie de 1,500 metros cuadrados, debido a que se establece en este caso para 1,500 plantas, dejando un espacio entre planta de un metro. La primera actividad por realizar es el barbecho mecánico, después el rayado y limpieza del terreno. Con el terreno listo, los hijuelos de 17 cm son arrancados de la planta madre. Después son plantados y abonados con estiércol de res a razón de una carretillada por planta.

La estadía en almácigo es de tres años, las labores culturales realizadas son fumigación una vez por año, deshierbe tres veces al año y dos podas anuales a partir del segundo año. En la región es común sembrar con las variedades ximini, manso y carricillo, sin embargo, la variedad ayoteco es la preferida por los agricultores debido a que genera mayores rendimientos y fue la variedad utilizada para esta modelación. Cada planta genera en promedio tres hijuelos vigorosos comerciables.

Al tercer año y con una altura de 80 cm, la planta es arrancada y puesta al sol (orear) por un lapso de dos a tres meses, antes de ser trasplantada, la mano de obra usada para el arranque debe ser especializada para evitar el maltrato

excesivo, después con remolques la planta es trasladada al lugar de la plantación definitiva.

El establecimiento de la planta definitiva inicia con la preparación del terreno, se barbecha mecánicamente y después se da un rastreo para eliminar los terruños, se realizan cepas con maquinaria de una medida de un metro cuadrado por 50 cm de profundidad. La plantación se realiza a mano, cuidando no dejar completamente enterrada la planta y se aplican tres carretilladas de estiércol de bovino por planta. La mejor fecha para realizar la plantación es justo antes de la temporada de lluvias.

Las actividades culturales y de mantenimiento que se realizan en la plantación son: desmonte (dos cada año, del primero al quinto), poda (2 cada año del segundo al sexto año), aflojado (uno al año en el segundo y tercer año), y picada (dos cada año, del sexto al onceavo año). Todas realizadas manualmente, con mano de obra contratada.

El capado o castrado del maguey (quitar el corazón al maguey) marca el inicio de la explotación, que se realiza del décimo a onceavo año del establecimiento de la planta. El tlachiquero determina el momento en que cada maguey debe ser capado, antes de la floración del qurote, de esta manera se genera una cavidad que acumula el aguamiel.

La fecha de capado es marcada en el maguey para control del tlachiquero, un mal procedimiento en el capado implicará menores rendimientos de aguamiel. Después del capado se deja añejar de cinco a siete meses.

Para determinar el capado del maguey se requiere un conocimiento previo y profundo del maguey pulquero, lo cual es consistente con lo que han encontrado otros investigadores (Parsons & Parsons, 1990). por lo que la mano de obra empleada en esta actividad es altamente especializada.

Al terminar el tiempo de añejamiento del maguey comienza la raspa, para obtener el aguamiel, esta etapa tiene una duración promedio de cuatro meses. La forma de organizar la explotación del maguey es por tandas de 25 magueyes, es decir el tlachiquero explotará 25 magueyes cada cuatro meses. Las actividades que realiza el tlachiquero son: vigilancia del maguey, capado, raspado, extracción de aguamiel y traslado del aguamiel al tinacal. La raspa se realiza diariamente en la mañana y en la tarde, obteniendo en promedio por planta 10 litros de aguamiel diarios.

En esta etapa de explotación se venden aproximadamente 200 magueyes en pie (plantas caponas), debido a la incapacidad de la COMGY01 de explotarlos. De esta forma se evita una maduración excesiva, las plantas son vendidas únicamente a otros agricultores, tlachiqueros, o pulqueros de la comunidad.

Por tanto, se explotan 1,150 plantas de las 1,500 que son plantadas, 200 plantas se venden a otros agricultores y 150 plantas se pierden por concepto de merma. Otras investigaciones reportan hasta 2,000 plantas por hectárea (Ramírez Manzano, 2015), 1,000 plantas en Zacatlán Puebla y 1,750 plantas en Calpulalpan, Tlaxcala (Álvarez Duarte et al., 2018) . De cada planta se extraen 1,200 litros de aguamiel información coincidente con lo encontrado por Guerrero-Beltrán (2013), lo que da un total de 1,380,000 litros de aguamiel por una hectárea.

La calidad y cantidad del aguamiel dependerá de las condiciones edafológicas del suelo, de la variedad de agave, de las condiciones del cultivo, la humedad relativa; así como de la temporada del año (Sánchez-Marroquín, 1970). En la temporada de lluvias la producción de aguamiel disminuye.

El proceso de producción de pulque es artesanal y de traspatio, la forma de producir no ha cambiado desde la época prehispánica (Trejo, 2017), se realiza en instalaciones rústicas en un espacio techado y con paredes, en una superficie aproximada de 100 metros cuadrados. El espacio debe contar con ventilación adecuada, piso de cemento y servicios básicos como luz, drenaje y agua potable.

Se requieren tres tinas de fibra de vidrio, garrafones, cubetas, coladores, equipo de limpieza en general. En cuanto a personal, se requiere de un mayordomo y un ayudante, que son contratados todo el año, a partir del inicio de la explotación, los cuales se encargan de recibir el aguamiel, realizar limpieza, y crecer el pulque (que significa cuidar la proliferación del pulque), atender clientes y mandar los pedidos; todo bajo la supervisión del dueño de la URP.

La fermentación se realiza en las tinas de fibra de vidrio, el aguamiel es filtrado y vertido en las tinas con la semilla previamente vertida, se denomina semilla a la mezcla previa que da el toque especial al pulque (Montes, 2014), es el inóculo que da inicio al proceso de fermentación.

Una vez en las tinas, el proceso de fermentación dura entre cuatro y cinco horas (Escalante et al., 2016). El resultado obtenido, en cuanto a sabor y consistencia, depende mucho de la calidad del aguamiel. De acuerdo con los datos obtenidos a través del panel se tiene un rendimiento de un litro de aguamiel para obtener 700 ml de pulque, por tanto, de 1,104,000 litros de aguamiel se obtienen 708,400 litros de pulque descontando también 8% de merma ocasionada por las lluvias.

La URP modelada COMGY01 de acuerdo con los panelistas es representativa de las unidades de producción de alta escala en la comunidad de Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México y tiene las siguientes características.

La superficie es de 1 hectárea en temporal, el tipo de propiedad es de uso común, se cuenta con almácigo propio donde se propagan las futuras plantas, se fertiliza con abono orgánico de bovino. La densidad del cultivo es de 1,500 plantas por hectárea en las cuales se consideró una merma del 10% principalmente por plagas, enfermedades y por la extracción ilegal del mixiote que afecta el crecimiento de la planta, se utiliza la variedad de nombre común ayoteco. La duración de la plantación es de 14 años, de los cuales tres son en almácigo y 11 para su desarrollo en plantación definitiva.

La densidad del cultivo y el tiempo requerido de COMGY01 coincide con la descripción que realizan Ramírez-Manzano et al (2020) sobre el Rancho San Isidro en Nanacamilpa, Tlaxcala, el cual es considerado como un sistema intensivo de producción y de los ranchos pulqueros más importantes del país con mejores indicadores productivos. Por lo anterior y con los datos obtenidos para COMGY01 se considera como una unidad de alta densidad en los estándares nacionales de producción de aguamiel y pulque.

En la producción de maguey pulquero, el principal costo de operación es la mano de obra contratada debido a que, la mayor parte de las actividades dentro de la plantación se realizan de forma manual. La mano de obra especializada se paga a 300 pesos el jornal, más comida y pulque, tradicionalmente proporcionado por el agricultor. En total para una hectárea se ocupan 209 jornales de trabajadores de campo, más trabajadores especializados de planta como son el tlachiquero, el mayordomo y el ayudante del mayordomo, quienes reciben un sueldo de 2,000 pesos, 2,200 y 1,700. respectivamente, una vez que comienza la raspa del maguey (Cuadro 8).

Cuadro 8. Costos Generales en Pesos de COMGY01 (por ha)

Costos	Establecimiento Almácigo	Mantenimiento Almácigo	Establecimiento Plantación	Mantenimiento plantación establecida	Elaboración de pulque	Total
Mano de obra contratada	2,700	35,700	17,700	927,600	374,400	1,358,100
Energéticos	300	300	300	9,730		10,630
Misceláneos	400	800	500	16,200		17,900
Gestión Empresarial	6,000	6,000	6,000	702,000	156,000	876,000
Gastos de Comercialización				1,680	196,000	197,680
Mantenimiento y Reparaciones				51,590		51,590
Abono orgánico	12,800		25,600			38,400
Maquila	4,800		25,100			29,900
Agroquímicos		2,250				2,250
Agua		300				300
Herramientas y materiales	6,000			24,000	44,000	74,000
Insumos					21,000	21,000
Total	33,000	45,350	75,200	1,732,800	791,400	2,677,750

Fuente: Elaboración propia a partir de información de campo

El concepto mano de obra representa 51% de los costos totales de operación. Los productores reportan que es difícil encontrar la mano de obra requerida para la actividad, por lo que deben ofrecer sueldos competitivos y mantener beneficios adicionales que les permita mantener la mano de obra especializada.

El concepto de gestión empresarial, actividad realizada por el mismo productor, es pagada con un sueldo de 6,000 pesos mensuales, durante todo el año, lo que representa 33% de los costos de operación. En conjunto, la mano de obra contratada y la gestión empresarial representan 84% del monto total de costos de operación.

Los costos generales (Cuadro 9) incurridos en la plantación ascienden a un total de 174,727 pesos, el 54% corresponden al concepto de depreciación de activos, el cual resulta ser bajo en comparación con otras actividades ligadas al sector. Los agricultores no utilizan ningún tipo de crédito, la inversión se apalanca con recursos propios y existe poca inversión en infraestructura.

Cuadro 9. Costos de operación, costos generales y costos de oportunidad (pesos)

Concepto/tipo de costo	Económicos	Financieros	Desembolsados
De Operación	2,677,750	2,677,750	2,677,750
Generales	174,727	174,727	
De Oportunidad	576,135		
Totales	3,428,612	2,852,476	2,677,750

Fuente: Elaboración a partir de información de campo

Al incluir el costo de oportunidad de los factores de producción: tierra, mano de obra y capital, los costos se incrementan en 20% respecto a los costos financieros. Lo anterior coincide con resultados de anteriores estudios que indican que el valor de la tierra incrementa los costos y cambia las estructuras porcentuales (Ramírez et al., 2015), confirmado por Domínguez-García y

Granados-Sánchez (2017), que encontraron que los costos de oportunidad sobre factores de la producción incrementan los costos de producción.

Con los datos recabados se estimaron los costos de producción unitarios (Cuadro 10), para el litro de aguamiel (2.48 pesos) resultó inferior en 1.4 pesos al precio medio rural reportado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2021) para el Estado de México. Para el caso de pulque el costo de producción (4.83 pesos) resultó inferior a su precio de venta (8 pesos) generando una utilidad de 3.17 pesos; no así para el caso de planta que el costo de producción (2,539 pesos) es mayor al precio de venta (1500 pesos).

Cuadro 10. Costos de producción. COMGY01, 2020.

Concepto	CE	CF	CD	Precio de venta	Ganancia %
Hectárea	3,428,612	2,852,476	2,677,750	-	
Litro de aguamiel	2.48	2.06	1.94	6.00	142
Planta	2,539	2,112	1,983	1,500	-40
Litro de pulque	4.83	4.02	3.78	8.00	45

Fuente: Elaboración propia a partir de información de campo.

La URP tiene integrados todos los eslabones en la cadena de producción, lo que coincide con Álvarez-Duarte et al (2018) como parte de las tipologías de productores, lo que representa una ventaja con relación a otros productores. Esta ventaja es potencializada gracias a la cercanía de la COMGY01 a la CDMX y su zona metropolitana, que representa el mayor mercado de consumo de pulque.

Esta cercanía al mercado representa una fortaleza para los agricultores de esta región; ya que, comercializan el pulque natural a minoristas del Valle de México, Ciudad de México y zona del Izta-Popo. De acuerdo con los panelistas, en la zona de estudio es común que los agricultores expendan el pulque en sus domicilios, situación que ha dado pauta a la apertura de restaurantes, y otros modelos de negocio que no se abordan en esta investigación, pero que se han identificado como circuitos cortos de comercialización.

Los circuitos cortos de comercialización son aquellos canales donde el número de intermediarios entre el agricultor y el consumidor es mínimo o idealmente nulo (Kneafsey et al., 2013) lo cual garantiza un valor añadido para los agricultores y permite a los consumidores apoyar la economía local mediante el sostenimiento de las pequeñas explotaciones (Dragicevic, 2021).

Lo anterior fortalece el argumento encontrado por Fierros & Ávila-Foucat (2017) que argumentan que los dueños de negocios familiares rentables son los más cercanos a las ciudades, lo que les facilita el acceso a los mercados y reduce los costos de transacción.

Los ingresos de COMGY01 (Cuadro 11) no solo dependen de la venta de pulque, en el análisis de ingresos, se encontró que, el cultivo de maguey comienza a generar productos desde el almácigo por la venta de hijuelos o mecuates obtenidos a partir del segundo año y son el principal ingreso en almácigo, en conjunto con la venta de chinicuil.

Cuadro 11. Ingresos COMGY01, 2021(Pesos).

Concepto	Precio de venta Unitario	Unidades	Totales
Plantas (piezas)	15	4050	60,750
Chinicuil (litro)	3,000	2.25	6,750
Pencas (piezas)	4	43,200	172,800
Aguamiel (litro)	6	207,000	1,242,000
Planta capona (piezas)	1,500	200	300,000
Autoconsumo aguamiel (litro)	6	69,000	414,000
Pulque (litro)	8	708,400	5,667,200
Ingresos totales			7,863,500

Fuente: Elaboración propia a partir de información de campo.

El destino principal de los hijuelos son las plantaciones del mismo agricultor, así como la proveeduría de planta para otros agricultores, además es comercializado como planta de ornato (maguey baby) para florerías. Los requerimientos para realizar la venta es que la planta alcance los 17 cm y sea una planta vigorosa.

En la etapa de plantación establecida se obtienen ingresos por venta de penca, la cual es vendida a barbacojeros de la región, o vendida a intermediarios que la comercializan en la central de abastos de la CDMX.

La penca se obtiene del tercer hasta el sexto año, se cortan en promedio ocho pencas por planta, lo que da un total de 10,800 pencas por hectárea, que se venden a un precio de 4.00 pesos cada una.

En el quinto año se extraen 250 ml de chinicuil, este producto tiene poco impacto en los ingresos; ya que, es una plaga que los productores prefieren no tener y reemplazan las plantas que la presentan. Por concepto de planta capona se registra un ingreso de 300,000 pesos.

De una hectárea se obtiene un estimado de 1,380,000 litros de aguamiel; de los cuales el 80% (1,104,000 litros) se destina a la producción de pulque, 15% (207,000 lts) se comercializa como aguamiel fresco sin ningún tipo de procesamiento, y 5% (69,000 lts) se destina para autoconsumo y es empleado en la elaboración de atoles, mieles, remedios y en obsequio para familiares, amigos y clientes.

De acuerdo con la metodología, el autoconsumo fue considerado únicamente en los ingresos económicos, debido a que no genera ingreso monetario, pero si aporta un beneficio a la URP. Esta es la principal diferencia en ingresos económicos y financieros.

Con el análisis realizado el cultivo de una hectárea de maguey pulquero obtuvo flujo de efectivo de alrededor de 7.5 millones de pesos, e ingresos totales cercanos a los casi 8 millones de pesos.

Sin embargo, el flujo de efectivo es negativo hasta el doceavo año del cultivo, 43 por ciento de los egresos totales deben invertirse en estos años; mientras que solamente tres por ciento de los ingresos se reciben en ese mismo periodo. Lo que obliga a los productores a invertir recursos de otras fuentes para financiar la

actividad durante esos años, los cuales se recuperan en los últimos dos años de vida del cultivo.

Considerando los 14 años de vida del cultivo, el flujo final de efectivo es positivo, lo que indica que COMGY01 es capaz de cumplir con todas sus obligaciones (Cuadro 12)

Cuadro 12. Flujos de efectivo COMGY01. 2021 (Pesos).

Etapa		Almácigo			Plantación		
Concepto/Año	1	2	3	4	5	6	7
Ingresos	3,000	3000	60,750	-	750	43,200	43,200
Costos Totales	65,019	76,795	110,092	139,388	143,991	143,880	135,004
Flujo de Efectivo	-62,019	-73,795	-49,342	-139,388	-143,241	-100,680	-91,804
Etapa		Plantación					
Concepto/Año	8	9	10	11	12	13	14
Ingresos	43,200	43,200	-	-	-	3,811,600	3,811,600
Costos Totales	126,311	126,925	132,884	214,192	125,530	983,050	995,551
Flujo de efectivo	-83,111	-83,725	-132,884	-124,192	-125,530	2,828,550	2,814,049

Fuente: Elaboración propia a partir de información de campo

Financieramente, el saldo positivo indica que la URP tiene la capacidad de asumir sus obligaciones de mediano plazo y de reemplazar equipos y maquinaria al final de su vida útil.

En el análisis económico (Cuadro 13), el saldo es positivo, lo que indica que COMGY01 tiene la capacidad de remunerar todos los factores de producción. La actividad tiene probabilidades de que permanecerá en el largo plazo; ya que, el productor difícilmente encontrará actividades alternativas más rentables, en la cual invertir sus recursos productivos.

Cuadro 13. Ingresos, Costos y Saldo COMGY01. 2021 (Pesos por hectárea).

Concepto	Económico	Financiero	Flujo de efectivo
Ingresos	7,863,500	7,449,500	7,449,500
Costos Totales	3,428,612	2,852,476	2,677,750
Saldo	4,434,887	4,597,023	4,771,750

Fuente: Elaboración propia a partir de información de campo.

La TIR estimada para COMGY01 fue de 23 por ciento, la cual es superior a la tasa de interés pagada por los bancos (5.6 por ciento); por tanto, invertir en plantación de maguey pulquero es rentable, en las condiciones de producción descritas.

En cuanto a las alternativas de comercialización planteadas en los escenarios, en los cuales se tomó como línea de base COMGY01, se consideró la alternativa de vender la totalidad del aguamiel sin procesar (COAMG01) así como la alternativa de procesarla en su totalidad para vender únicamente pulque (COPU01).

Desde el punto de vista financiero, se encontró que el escenario más rentable es COAGM01 (TIR 26 por ciento), sin embargo, desde el punto de vista comercial, este escenario es poco viable, ya que, actualmente no se tiene un comprador con la capacidad de absorber todo el volumen de aguamiel generado, entre otras limitantes técnicas; requeridas para mantener el aguamiel fresco y retrasar el proceso de fermentación (**Cuadro 14**).

Cuadro 14. Alternativas de comercialización COMGY01, COPU01 y COAGM01 2021.

Concepto	COMGY01	COPU01	COAGM01
Costo p/Ha	3,428,612	5,467,230	2,860,527
Costo p/planta	2,539	4,049	2,118
Costo p/lit de aguamiel	2.48	3.37	2.07
Costo p/lit pulque	4.83	5.25	-
Ingresos	7,863,500	8,556,300	8,820,300
Costos totales	3,428,612	5,467,230	2,860,527
Utilidad	4,434,887	3,089,069	5,959,772
TIR	23%	16%	26%

Fuente: Elaboración propia a partir de información de campo

La alternativa de convertir el total de aguamiel en pulque resultó menos rentable, que el escenario base; por tanto, la alternativa seguida actualmente por los productores, de vender parte de la producción de aguamiel en fresco y parte transformado en pulque es la más rentable.

Conclusiones

Con el análisis realizado se comprueba que la producción de maguey pulquero resulta ser una alternativa de agronegocio rentable, bajo condiciones de producción intensiva como la descrita en el trabajo de investigación. A pesar de la barrera de entrada que significa el tiempo requerido para la explotación de un maguey pulquero.

Un resultado a destacar es el fuerte impacto que tiene la mano de obra en la estructura de costos de la plantación ya que alcanza el 80% de los costos totales, debido a que es una actividad manual y de alta especialización, por lo que es importante conservar, y transmitir los conocimientos ancestrales sobre manejo del cultivo y principalmente las actividades que realiza el tlachiquero.

El factor más importante que le ha permitido a esta red de valor ser rentable se debe principalmente a su capacidad de integrarse a lo largo de la cadena productiva, desde la producción hasta la comercialización, lo que disminuye los costos de transacción y garantiza un abasto de calidad y continuo en la cadena, ya que el riesgo de negocio es menor comparado a aquellos en los que participan una mayor cantidad de actores, lo que incide en mayor nivel de incertidumbre.

En otras regiones el abasto en cantidad y calidad representa un alto costo o la intervención de un acopiador que reduce el margen de ganancia para los agricultores.

La posición territorial estratégica en la comunidad analizada permite a los agricultores comercializar a través de circuitos de cortos de comercialización, captar una mayor cuota de valor por su producto, y tener cercanía con los consumidores, además de aportar servicios agroecológicos a la región que tiene alta presión por la mancha urbana.

Con los datos obtenidos se demuestra que existe un panorama económico positivo para la economía pulquera nacional en los próximos años, pero es

necesario profundizar en temas económicos relacionados con la cadena de valor maguey pulquero ya que la literatura, aun es incipiente en estos temas.

La limitación del estudio radica en que los datos describen las características de una región particular en México, empero es el parteaguas para conocer indicadores básicos económicos de la cadena de producción de maguey pulquero. Por lo que es necesario realizar estudios en otras áreas geográficas que permitan identificar los costos de producción de cada zona pulquera y diseñar estrategias empresariales que permitan a los agricultores diseñar modelos de negocio rentables e incorporar criterios de sustentabilidad, así como realizar una evaluación de la competitividad entre regiones.

Literatura citada

- Álvarez Duarte, M. del C., García Moya, E., Suarez Espinosa, J., Luna Cavazos, M., & Rodríguez Acosta, M. (2018). Traditional knowledge, cultivation and use of maguey pulquero in municipalities of Puebla and Tlaxcala. *Polibotánica*, 45, 205–222. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.15>.
- American Agricultural Economics Association Task Force (AAEA). (2000). *Commodity Costs and Returns Estimation Handbook*. 556.
- Arrizón, J., Arizaga, J. J., Hernandez, R. E., Estarrón, M., & Gschaedler, A. (2007). *Production of volatile compounds in tequila and raicilla musts by different yeasts isolated from Mexican agave beverages*. ACS Publications. <http://dx.doi.org/10.1021/bk-2007-0946.ch014>
- Blas-Yañez, S., Thomé-Ortiz, H., Vizcarra-Bordi, I., & Espinoza-Ortega, A. (2018). Street sale of pulque and sociospatial practices: A gender perspective in central Mexico. *Journal of Ethnic Foods*, 5(4), 311–316. <https://doi.org/10.1016/j.jef.2018.10.005>
- Case, K. E., Fair, R. C., & Oster, S. M. (2012). *Principios de Microeconomía*. 508
- Domínguez García, I. A., Granados Sánchez, M. del R., Sagarnaga Villegas, L. M., Salas González, J. M., & Aguilar Ávila, J. (2017). Viabilidad económica y financiera de nopal tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Nopaltepec, Estado de México. En *Revista mexicana de ciencias agrícolas* (Vol. 8, pp. 1371–1382). scielomx. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i6.304>
- Dragicevic, A. Z. (2021). Emergence and Dynamics of Short Food Supply Chains. *Networks and Spatial Economics*, 21(1), 31–55. <https://doi.org/10.1007/s11067-020-09512-7>

- Enciso, M. M. (1950). *Manual del magueyero*. B. Trucco. 142
- Escalante, A., Giles-gómez, M., Flores, G. E., Acuña, V. M., Terrazas, R. M., López-munguía, A., & Lappe-oliveras, P. (2013). *Handbook of plant-based fermented food and beverage technology*. (Vol. II, 6, Número Bruman 2000). CRC Press, 2nd Edition, Boca Raton, FL, USA.
- Escalante, A., Soto, D. R. L., Gutiérrez, J. E. V., Giles-Gómez, M., Bolívar, F., & López-Munguía, A. (2016). *Pulque, a Traditional Mexican Alcoholic Fermented Beverage : Historical , Microbiological , and Technical Aspects*. 7(June), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01026>
- Fierros, I., & Ávila Foucat, V. S. (2017). Sustainable Livelihoods and Vulnerability in Rural Mexican Households. *Problemas Del Desarrollo*, 48(191), 107–131. <https://doi.org/10.1016/j.rpd.2017.11.006>
- Frank, R. G. (1985). *Introducción al cálculo de los costos agropecuarios* (Tercera ed). El Ateneo.38
- García-Mendoza, A. (2011). Agavaceae. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.*, 88, 1–95.
- García, V., Fernández, A., Manuel, M., Chulim, E., Gabriel, N., Torres, O., Juárez, R., & María, A. (2016). El maguey pulquero, una planta multifuncional y polifacética: los usos desde una visión mestiza e indígena. *Scripta Ethnologica*, XXXVI.
- Gonçalves de Lima, O. (1990). *Pulque, balché y pajauaru*. Fondo de Cultura Económica.
- Granados Sanchez, D. (1993). *Los agaves en México*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Guerrero, B. A. S., & Castro, D. J. A. (2013). El agave y sus productos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7–2, 53–61.
- Gutiérrez-Urbe, J. A., Figueroa, L. M., Martín-del-Campo, S. T., & Escalante, A. (2017). Pulque. In *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802309-9.00023-6>
- Kneafsey M, V. L., Schmutz U, B. B., Trenchard L, Eyden-Wood T, Bos E, S. G., Blackett M, Santini F, G., & Paloma S. (2013). *Short Food Supply Chains and Local Food Systems in the EU. A State of Play of their Socio-Economic Characteristics*. (Issue LF-NA-25911-EN-N). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2791/88784>
- Kousenidis, D. (2006). A free cash flow version of the cash flow statement: a note. *Managerial Finance*, 32(8), 645+. <https://doi.org/10.1108/03074350610676741>
- Lappe-Oliveras, P., Moreno-Terrazas, R., Arrizón-Gaviño, J., Herrera-Suárez, T., García-Mendoza, A., & Gschaedler-Mathis, A. (2008). Yeasts associated

- with the production of Mexican alcoholic nondistilled and distilled Agave beverages. *FEMS Yeast Research*, 8(7), 1037–1052. <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2008.00430.x>
- Marshall, A. (1980). *Principios de economía. Un tratado de Introducción (Natura non facit saltum)*. (1ª edición).
- Montes, M. J. V. (2014). “Pulque limpio” / “pulque sucio”: disputas en torno a la legitimidad y la producción social del valor. *Revista Colombiana de Antropología*, 50(2), 41–63.
- Parsons, J. R., & Parsons, M. H. (1990). *Maguey utilization in highland central Mexico: an archaeological ethnography* (Issue 82). University of Michigan Museum.
- Pérez-Zavala, M. de L., Hernández-Arzaba, J. C., Bideshi, D. K., & Barboza-Corona, J. E. (2020). Agave: a natural renewable resource with multiple applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(15), 5324–5333. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10586>.
- Pimienta Lastra, R. (2000). Encuestas probabilísticas vs. no probabilísticas. *Política y Cultura*, 13, 263–276. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26701313>
- Ramírez Manzano, S., Bye, R., García, Moya, E., & Romero Manzanares, A. (2020). Aprovechamiento Del Maguey Pulquero En Nanacamilpa, Tlaxcala, México. *Revista Etnobiología*, 18(1), 65–76. <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/357/342>
- Ramírez, Díaz, J. A. (2019). *Evaluación Financiera de proyectos con aplicaciones en Excel* (Segunda ed). Ediciones de la U.
- Ramírez, O., Figueroa, E., & Espinosa, L. E. (2015). Performance analysis of tuna in the municipalities of Nopaltepec and Axapusco , State of Mexico . *Revista Mexicana de Agronegocios*, 19, 1199–1210.
- Rasmussen, S. (2011). Production Economics. In *Springer* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-14610-7>
- Sagarnaga, V. L. M., Salas, G. J. M., & Aguilar, Á. J. (2018). Metodología para estimar costos, ingresos y viabilidad financiera en Unidades Representativas de Producción. In *Serie Metodologías y herramientas para la investigación Volumen 6* (Issue August 2019).88
- Sánchez Marroquín, A. (1970). Investigaciones realizadas en la Facultad de Química, UNAM, tendientes a la industrialización del agave XIV. *Rev Soc Quim Mex*, 4, 184–188.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. (2021). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta.
- The Agricultural & Food Policy Center AFPC. (2021). Representative Farms Economic Outlook for the Preliminary 2021 FAPRI/AFPC Baseline.

Torrado-fonseca, M. R.-álvarez M. (2016). El metodo Delphi. *REIRE. Revista d'Innovacio i Recerca En Educacio*, 9(9 (1)), 0–2.
<https://doi.org/10.1344/reire2016.9.1916>.

V. Pronóstico de demanda para destilados de agave fermentados en California.

Yessica Viridiana **Fernandez Galicia**¹, Leticia Myriam Sagarnaga **Villegas**², Marcos **Portillo Vázquez**³, José María **Salas González**⁴, Manrrubio **Muñoz Rodríguez**⁵.

División de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo yessi.fernandez@hotmail.com¹, División de Ciencias Económico-Administrativas /CIESTAAM/ZOOTECNIA Universidad Autónoma Chapingo lsagarnagav@chapingo.mx Autor de correspondencia², División de Ciencias Económico-Administrativas Universidad Autónoma Chapingo mportillo49@yahoo.com.mx³, División de Ciencias Económico-Administrativas/ CIESTAAM/ Sociología Rural jsalasg@chapingo.mx⁴, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) Universidad Autónoma Chapingo mmunozr@chapingo.mx⁵

Resumen

En los últimos diez años se ha observado un significativo aumento en el volumen de producción de tequila y mezcal. La fuerte demanda de materia prima ha generado problemas en la cadena de suministro y la incorporación de aditivos especialmente en el tequila. Estos factores y la capacidad del agave de adaptarse a diversos climas con mínimos requerimientos hídricos, han inducido el interés por producir agave y destilados en otras partes del mundo. En México existen destilados de agave con potencial para ser exportados, como el destilado de pulque. El objetivo de este trabajo de investigación es generar información sobre pronóstico de mercado para analizar la viabilidad de exportar el destilado de pulque a Estados Unidos. Para lograrlo, se hizo un pronóstico de las exportaciones utilizando análisis de regresión con series de tiempo de exportación, así como el método de investigación de mercado que involucro encuestas y análisis sensorial a consumidores en el estado de California, Estados Unidos los participantes fueron seleccionados mediante muestreo intencional. Los resultados muestran una tendencia creciente en las exportaciones mexicanas de destilados de agave hacia los Estados Unidos. Los participantes evaluaron positivamente el destilado de agave y mostraron disposición a

comprarlo. Esta información podría ser de utilidad para promover la exportación a baja escala destilados de pulque a California, a través de mercados no tradicionales resaltando la sostenibilidad de la cadena de producción y con ello generar modelos de desarrollo para las comunidades pulqueras de México.

Palabras clave: pronóstico, nuevos competidores, destilado de pulque, regresión, análisis sensorial,

Abstract

The last ten years have seen a significant increase in the volume of tequila and mezcal production. The strong demand for raw material has generated problems in the supply chain and the incorporation of additives, especially in tequila. These factors and the agave's ability to adapt to different climates with minimal water requirements have led to interest in producing agave and distillates in other parts of the world. In Mexico, there are agave distillates with export potential, such as pulque distillate. The objective of this research is to generate market forecast information to analyze the feasibility of exporting pulque distillate to the United States. To achieve this, a forecast of exports was made using regression analysis with export time series, as well as the market research method that involved surveys and sensory analysis of consumers in the state of California, United States, the participants were selected through intentional sampling. The results show a growing trend in Mexican exports of agave distillates to the United States. Participants evaluated agave distillate positively and showed willingness to buy it. This information could be useful to promote the low-scale export of pulque distillate to California through non-traditional markets, highlighting the sustainability of the production chain and thereby generating development models for Mexican pulque communities.

Keyword. forecast, new competitors, pulque distillate, regression, sensory analysis.

Introducción

En años recientes, el mercado del mezcal y el tequila han experimentado una prosperidad sin precedentes. Estos destilados de agave, mejor conocidos como mezcales (Lappe-Oliveras et al., 2008), son cada vez más populares a nivel nacional e internacional (Gómez-Cuevas et al., 2020).

Según datos del IWSR (2022), entre los años 2014 y 2019, el consumo de la categoría global de bebidas espirituosas a base de agave mantuvo una tasa de crecimiento del 6 %; y se espera que, para el periodo 2021-2026, crezca a una tasa anual compuesta del 7%.

De acuerdo con Lucio-López (2022) para el periodo 2011-2020 el volumen de producción de tequila y mezcal se incrementó en promedio 43% anualmente, equivalente a casi un millón de litros por año. Esta creciente producción ha generado una fuerte demanda de la materia prima, ocasionando la expansión de los monocultivos de agave y el cambio de uso de suelo en ciertas regiones, ocasionando problemas de sostenibilidad del cultivo.

Además de estos problemas, la creciente industrialización del proceso de producción ha conducido a la pérdida de conocimientos y prácticas de producción transmitidos de generación en generación, provocando un proceso de erosión cultural (Perez, 2007).

La estacionalidad en la producción de *Agave tequilana weber*, fomentó cambios en la Norma Oficial Mexicana para la producción de Tequila (*NOM-006-SCFI-1994 DOF 1994*) para permitir que el tequila se elabore con 51% de agave y 49% con otros azúcares.

Los problemas de sostenibilidad ocasionados, el impacto en los territorios rurales (Lucio-López, 2022) y el aditamento de otros azúcares, generan desconfianza para los consumidores; situación que en el largo plazo puede impactar en la decisión de consumo.

La extraordinaria capacidad de los agaves para desarrollarse en una amplia gama de climas y su facultad de adaptar su morfología para sobrevivir con cantidades mínimas de agua (García-Mendoza, 2007) ha despertado el interés por su producción de agricultores en diversos países. Ello se debe a la creciente preocupación por los efectos del cambio climático en la disponibilidad de recursos hídricos. Los agaves representan una alternativa interesante en la agricultura, ya que su resiliencia y adaptación los hacen viables en regiones afectadas por condiciones climáticas adversas y escasez de agua.

Estos factores y la creciente demanda de bebidas espirituosas a base de agave han propiciado condiciones ideales para que otros competidores estén dispuestos a participar en esta cadena de producción, elaborando estas bebidas basándose en los procesos de producción de los destilados de agave mexicanos.

Como ejemplo se tiene el caso de Australia, quien ha incursionado en la producción de *Agave tequilana weber* para la producción de biodiesel (Holtum et al., 2011), así como la empresa de licores Top Shelf International quien produce en Queensland un licor a base de agave (BBC, 2022).

En Estados Unidos, la empresa Destination Distillery produce y destila *Agave tequilana weber* en Hawái. Además, en California se encuentran al menos cuatro plantaciones que cultivan diferentes especies de Agave, las cuales son destiladas y comercializadas bajo diversas marcas como Ventura Spirits y El Ladrón, este último producido en el condado de Santa Cruz, California. A estas bebidas se le denominan agave spirits por la restricción de la Denominación de Origen. Por otro lado, en Texas, la empresa Desert Door Original Texas Sotol produce sotol, una planta de la familia asparagácea que pertenece a otro género, distinto al del agave.

Sudáfrica, a través de la empresa Agave Distillers Ltd, se encuentra entre los países que también producen agave. Por otro lado, en la India, la marca Maya Pistola de agaves utiliza variedades de esta planta que crecen abundantemente en la meseta de Deccan. (Cn traveller, 2021).

A pesar del creciente interés en la producción de bebidas espirituosas a base de agave en otros países, México cuenta con un gran potencial para posicionar otros destilados de agave en los mercados internacionales además del tequila y mezcal. Estos incluyen bebidas destiladas como la raicilla, la bacanora, el sotol, el Comiteco y el destilado de pulque. Por lo anterior existe posibilidad de un tercer auge de los destilados de agave mexicanos, ya que estas bebidas poseen cualidades organolépticas especiales y distintivas entre sí.

Estos destilados poseen una ventaja significativa sobre la producción de bebidas espirituosas de agave en otros países debido a la tradición arraigada y el conocimiento ancestral en su producción, así como al manejo experto de los agaves en México, lo cual se considera una ventaja competitiva. Además, la producción de agaves está profundamente arraigada a la identidad nacional de México.

Ante este panorama, es necesario establecer mecanismos e implementar estrategias que permitan a los productores mexicanos aprender de las lecciones que han surgido a partir de las cadenas de valor del tequila y el mezcal. Para ello, se deben fortalecer las estrategias de desarrollo para productos como el destilado de pulque, a través de la generación de información relevante.

El destilado de pulque es una bebida bidestilada que se obtiene a partir de la fermentación del pulque. Posee propiedades organolépticas especiales y características distintivas que lo diferencian de otros destilados de agave. La destilación de esta bebida se lleva a cabo principalmente en pequeñas microindustrias ubicadas en el centro de México.

Su importancia económica y producción es aún incipiente, por tanto, no se ha establecido un marco jurídico que regule su producción, sin embargo, hay marcas que ya se exportan principalmente a los Estados Unidos y se comercializan en tiendas online altamente especializadas.

Si bien el destilado de pulque está disponible comercialmente en los Estados Unidos, aunque de manera incipiente. Existe una escasez de información sobre su potencial económico y de mercado. Esta falta de información es la principal limitación para el desarrollo comercial de la bebida. Por lo tanto, la investigación desempeña un papel crucial en la generación de datos que permitan construir modelos de desarrollo para los productores de pulque en México, con la finalidad de reducir la incertidumbre y el riesgo al ingresar a un nuevo mercado.

La incertidumbre que enfrentan las empresas y las cadenas de suministro con relación al mercado radica en la identificación del comportamiento del consumo y las tendencias que lo rodean. Esto es fundamental para preparar los canales logísticos y poder satisfacer las necesidades de los consumidores.

Este enfoque ha llevado a la búsqueda de métodos o modelos de pronóstico de la demanda que sean lo más cercanos posible a la realidad, y permita la gestión de operaciones de una organización (Valencia et al., 2006).

Con la finalidad de disminuir la incertidumbre en la incursión de este nuevo producto al mercado, la hipótesis de esta investigación plantea que el destilado de pulque tiene un alto potencial de exportación a Estados Unidos, el cual es el principal mercado de exportación de destilados de agave.

Entre los aspectos que permiten destacar la importancia del mercado americano es la gran capacidad de proyectar productos a otros mercados, debido al tamaño de su mercado interno, el alto poder adquisitivo, la multiculturalidad y una tendencia fuerte de consumo.

Estados Unidos es la economía más grande del mundo en términos de PIB nominal, con 23 billones de dólares para el 2021 según datos del World Bank (2021), es el segundo mayor exportador y el mayor importador del mundo.

El comercio exterior es fundamental en la economía de este país, los tres principales socios comerciales (China, México y Canadá) representaron el 42 por

ciento del valor de importación conocido y el 40 por ciento del valor de exportación. El comercio bilateral con México (\$189 mil millones en exportaciones y \$323 mil millones en importaciones) representa el 14.4 por ciento del valor comercial bilateral conocido de las empresas que importaron y exportaron en 2021 (Bureau, 2020).

Derivado de esto surge la interrogante ¿Es posible generar cadenas de suministro cortas para la exportación hacia Estados Unidos de los destilados de pulque? Tomando en cuenta para su diseño que es un sistema de producción artesanal y no ofrece un alto volumen de producción.

Para ello se requiere un análisis de las condiciones del mercado y sus perspectivas, como consecuencia de esto, el objetivo central de este trabajo de investigación es generar información económica y de mercado a través de pronósticos de la demanda, con diferentes herramientas de análisis, que permita identificar si existen potencial de consumo en el mercado de California, Estados Unidos para la exportación de destilados de pulque.

Materiales y métodos

Para cumplir con el objetivo del trabajo, se usaron dos modelos de pronóstico de tipo cuantitativo y cualitativo (Ballou, 2004). El análisis de tipo cuantitativo se fundamentó en series de tiempo de las exportaciones, con la finalidad de pronosticar la tendencia a futuro; y el cualitativo se basó en un método de investigación de mercado.

Los pronósticos son modelos que ayudan a proyectar y predecir el comportamiento de cierta variable con el fin de reducir la incertidumbre (Rahmer et al., 2022), se consideran herramientas para estimar cuantitativamente la probabilidad de eventos futuros (Juárez et al., 2016). El grado de complejidad de estos modelos está ligado a la disponibilidad de información (Gomez S., 2008).

El análisis de regresión para esta investigación se utilizó para determinar la proyección de valor y volumen de exportaciones hacia Estados Unidos, y también se usó para identificar la relación entre el precio que están dispuestos pagar por el destilado de pulque, el nivel de ingresos de los encuestados y su edad.

Modelo comportamiento de las exportaciones destilados de agave

Los datos utilizados en el análisis de regresión son históricos, con ellos se conformó una serie de tiempo que representa las exportaciones de destilados de agave hacia los Estados Unidos de América. Estos datos fueron obtenidos del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI), utilizando la fracción arancelaria 22087002. La información utilizada abarca el periodo comprendido entre 2007 y 2020.

Es relevante destacar que no se ha encontrado información económica exclusiva sobre la exportación de destilados de pulque en las bases de datos oficiales. Se realizaron solicitudes a diversas secretarías de gobierno en México a través del portal de transparencia, y la respuesta recibida indicó que no existe información disponible específica para este producto.

En la fracción arancelaria analizada se incluyen los destilados de agave tales como bacanora, raicilla, sotol, y destilados de pulque, entre otros licores o aguardientes del agave (Cuadro 15).

Cuadro 15. Datos de exportación de destilados de agave a EE. UU.

Periodo	Valor de la exportación (millones de dólares)	Volumen (litros)	Precios por litro
2007	429,054	114,709	3.7
2008	1,809,519	769,654	2.4
2009	2,325,551	583,975	4.0
2010	2,519,966	930,945	2.7
2011	2,691,210	814,791	3.3
2012	2,288,992	705,885	3.2
2013	9,384,731	3,512,635	2.7

Periodo	Valor de la exportación (millones de dólares)	Volumen (litros)	Precios por litro
2014	13,547,865	3,171,178	4.3
2015	4,866,340	1,954,227	2.5
2016	2,708,796	859,734	3.2
2017	5,451,434	15,836,765	0.3
2018	5,759,321	1,909,118	3.0
2019	7,024,599	2,122,619	3.3
2020	19,774,475	2,452,760	8.1

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAVI

Dada la naturaleza de los datos disponibles, el modelo que más se ajustó es el denominado de ajuste lineal, el cual tiene como propósito determinar la relación existente entre dos o más variables continuas **x** y **y** (Moreno & Tercila, 2019).

El objetivo del modelo de regresión lineal es realizar estimaciones sobre el comportamiento de **y** (variable dependiente) con relación a otras variables **x** (independiente o predictora), En este modelo se asume que la relación entre las dos variables esta dado por una línea recta (Copeland, 1997). El objetivo de este análisis es la estimación media o valor promedio poblacional de la primera en términos de los valores conocidos o fijos (en muestras repetidas) de las segundas (Gujarati & Porter, 2010).

La proyección de la tendencia es aplicable cuando los datos muestran un incremento o disminución constante en el tiempo (Villarreal, 2016). El ajuste de corte lineal se explica por la gráfica de la distribución; si al graficar los datos se observa una distribución de en línea recta, entonces se infiere que se tiene un comportamiento lineal. Si la relación es no lineal, los datos observados se distribuyen alrededor de una curva y la ecuación de esa curva se determina a partir de alguno de los modelos no lineales (Moreno & Tercila, 2019).

Para este análisis econométrico se utilizó el modelo de regresión lineal para tendencia y proyección a años futuros con un término cuadrático, con el apoyo

del programa SAS, que es un software de análisis estadístico para el manejo y análisis de datos. Con los comandos DATA AGAVE; INPUT T VAL VOL PRE: CARDS; PROC GLM: MODEL VAL VOL=T/PREDICTED.

Para analizar el comportamiento de las exportaciones se estimaron dos modelos de regresión dada la naturaleza de los datos, los modelos estimados pretenden analizar el comportamiento de dos variables, el valor de las exportaciones y el volumen de las exportaciones para los años 2021, 2022, 2023 y 2024.

El modelo de tendencia considera como variable independiente (X) el tiempo para los dos modelos analizados (Cuadro 16). El modelo de regresión lineal se define por la siguiente ecuación: $y = \beta_0 + \beta_1x + \varepsilon$

Cuadro 16. Modelo de regresión de exportaciones

Modelo	Variable Y	Variable X	β_0	β_1	ε
Predicción cantidad a exportar Qx	Volumen de exportaciones	Tiempo	intersección	pendiente de la línea	error
Predicción valor de la exportación Vx	Valor de las exportaciones	Tiempo	intersección	pendiente de la línea	error

Fuente: Elaboración propia

Evaluación sensorial

Cuando se introduce un producto nuevo al mercado y los datos son escasos, los modelos cualitativos son adecuados para obtener información que permita realizar pronósticos sobre el mercado (Valencia et al., 2006).

Las encuestas se utilizan para medir el nivel de interés del consumidor en un determinado producto o servicio, así como el precio máximo del producto o servicio que un consumidor estaría dispuesto a pagar (Berges & Casellas, 2008).

Esta información ayuda a las empresas a determinar el precio a los que serán ofrecidos sus productos, evaluar la demanda del mercado y desarrollar estrategias de marketing.

Para obtener los datos sobre disposición a pagar por el destilado de pulque, se realizaron dos evaluaciones sensoriales con el objetivo de aplicar un cuestionario o encuesta.

Un cuestionario se divide normalmente en tres partes: Datos de la persona entrevistada, la descripción del bien a valorar y valoración del bien (Tudela & Leos, 2017). En el cuestionario diseñado para la investigación se incluyeron aspectos socioeconómicos como: edad, género, escolaridad, ingresos y ocupación, precio máximo a pagar por una botella de destilado de pulque joven (35 grados gl) y reposado (42 grados gl). Asimismo, se incluyeron una serie de preguntas relacionadas con la valoración del destilado de pulque, como aroma, notas, sensación en la boca, perfil de sabores, retrogusto.

Los análisis sensoriales se realizaron en la Ciudad de San Diego (17 noviembre 2022), y en la Ciudad de Sacramento, California el día 12 de febrero del 2023. La selección de la muestra se realizó a través del método de muestro intencional o de conveniencia.

Este método se define por la búsqueda de muestras cualitativamente representativas, con grupos que reúnan las características de interés para el investigador, además de seleccionar intencionalmente individuos de la población a los que generalmente se tiene fácil acceso o a través de convocatorias abiertas, en las que las personas acuden voluntariamente a participar en el estudio, hasta alcanzar el número requerido para la muestra (Hernández & Carpio, 2019).

La convocatoria se difundió a través de redes sociales, destacando que se trataba de un estudio de análisis sensorial con fines de investigación sobre destilados de agave. Se enfatizó en la importancia de tener preferencia por el consumo de destilados de agave para participar.

Se tuvo una participación de 50 personas en los dos eventos, se explicó a los participantes el proceso de producción del destilado de pulque, así como los atributos que lo diferencian de otras bebidas espirituosas, después se proporcionó el cuestionario. El producto evaluado fue el destilado de pulque de la marca Pulcata Loba de *Agave salmiana* originaria del Estado de México.

Con los datos obtenidos, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple, con la finalidad de identificar si las variables, ingreso y edad de los encuestados se relacionan con la disposición a pagar por el destilado de pulque joven y reposado positivamente.

El modelo de regresión lineal múltiple se definió por la siguiente ecuación: $y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$, para realizar el análisis se utilizó el software SAS y las variables del modelo (Cuadro 17) se explican a continuación

Cuadro 17. Modelo de regresión múltiple DAP						
Modelo	Variable Y	Variable X_1	Variable X_2	β_0	β_1	ε
DAP destilado de pulque joven	Disposición a pagar	Edad	Nivel de ingresos	pendiente de la línea	error	error
DAP destilado de pulque reposado	Disposición a pagar	Edad	Nivel de ingresos	pendiente de la línea	error	error

Fuente: Elaboración propia

Resultados y discusión

Pronóstico de las exportaciones

El análisis de regresión realizado resultó útil para analizar el posible comportamiento de las variables a predecir, así como posibles patrones.

Para el modelo de pronóstico de exportación resultaron los siguientes indicadores (Cuadro 18). El coeficiente de determinación R^2 muestra que ambos modelos explican en más del 60% del comportamiento de las variables regresoras. El

análisis del modelo es consistente de acuerdo con la teoría económica y es estadísticamente significativo.

Cuadro 18. Resultados del modelo de exportación

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrada ajustada	Error típico de la estimación
Qx	.64	.41	.36	4257303.73
Vx	.61	.37	.33	317496.03

Fuente: Elaboración propia

El factor de influencia de varianza para el modelo Qx fue de 1.004, y del modelo Vx fue de 0.98. Las variables son significantes dentro del modelo, lo cual se evidencia con el estadístico de prueba que es inferior a 0.05 (Cuadro 19).

Cuadro 19. Coeficientes del modelo de exportación

Coeficientes no estandarizados				
Modelo	B	Erros std	T	Sig.
Modelo Qx				
Intercepción	-169839.74	2147668.34	-0.079081	0.0093
X ₁	363016.679	252230.855	1.43922392	0.0175
Modelo Vx				
Intercepción	-380368	2403327.4	0.1582670	0.87
X ₁	818161.9	282256.4	-2.898646	0.013

Fuente: Elaboración propia

Dado que la significancia estadística de P asociada al valor del estadístico F es de 0%, se rechaza la hipótesis nula de que β , o que el coeficiente de correlación sea nulo (Cuadro 20). Se concluye que existe una relación de tipo lineal entre X e Y. Al rechazar la hipótesis nula se concluye que el modelo lineal es apropiado, los datos son consistentes con un modelo lineal.

Cuadro 20. Análisis de varianza modelos de tendencias de exportación

Varianza	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Significancia
Mod Qx					
Regresión	2	2.00E+12	1.00E+12	9.92	0.04565804
Residual	33	3.33E+12	1.01E+11		
Total	35	3.27E+11			

Durbin Watson	2.47				
Varianza Mod Vx	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Significancia
Regresión	1	1.52286E+14	1.52286E+14	8.40215403	0.01335985
Residual	12	2.17496E+14	1.81246E+13		
Total	13	3.69782E+14			
Durbin Watson	1.37				

Fuente: Elaboración propia

El nivel de independencia del modelo se valida con el estadístico de Durbin-Watson. Si tiene valores entre 1.5 y 2.5, entonces se asume que los residuos son independientes.

Con el objetivo de pronosticar el comportamiento de las variables valor de la producción, volumen de exportación, se usó la ecuación de la recta así como los estimadores beta para calcular la proyección de demanda para los años 2021, 2022, 2023 y 2024 (Cuadro 21).

Cuadro 21. Ecuación de la recta modelo de exportación

Modelo	Ecuación del modelo
Qx	$y = 363017x - 169840$
Vx	$y = 818162x - 380368$

Fuente: Elaboración propia

Los datos proyectados muestran una tendencia creciente de las exportaciones en términos de volumen y valor (Cuadro 22), lo anterior corresponde a lo encontrado por (Cota et al., 2023), en el sentido de tendencia creciente de las exportaciones, hacia Estados Unidos.

Cuadro 22. Pronóstico del modelo de exportación

Periodo	Valor de la exportación (dólares)	Pronóstico valor de las exportaciones	Volumen (litros)	Pronóstico de volumen (litros)
2007	429,054	437,794	114,709	193,177
2008	1,809,519	1,255,956	769,654	556,194
2009	2,325,551	2,074,118	583,975	919,211
20010	2,519,966	2,892,280	930,945	1,282,228
2011	2,691,210	3,710,442	814,791	1,645,245
2012	2,288,992	4,528,604	705,885	2,008,262
2013	9,384,731	5,346,766	3,512,635	2,371,279
2014	13,547,865	6,164,928	3,171,178	2,734,296
2015	4,866,340	6,983,090	1,954,227	3,097,313
2016	2,708,796	7,801,252	859,734	3,460,330
2017	5,451,434	8,619,414	15,836,765	3,823,347
2018	5,759,321	9,437,576	1,909,118	4,186,364
2019	7,024,599	10,255,738	2,122,619	4,549,381
2020	19,774,475	11,073,900	2,452,760	4,912,398
2021		11,892,062		5,275,415
2022		12,710,224		5,638,432
2023		13,528,386		6,001,449
2024		14,346,548		6,364,466

Fuente: Elaboración propia

El pronóstico resultante de la ecuación de la recta indica que el volumen de exportación se mantiene con tendencia al alza (**Figura 12**). Lo cual es consistente con la dinámica de relaciones de largo plazo acordes con la teoría económica analizado por otros autores (Cermeño & Rivera, 2016).

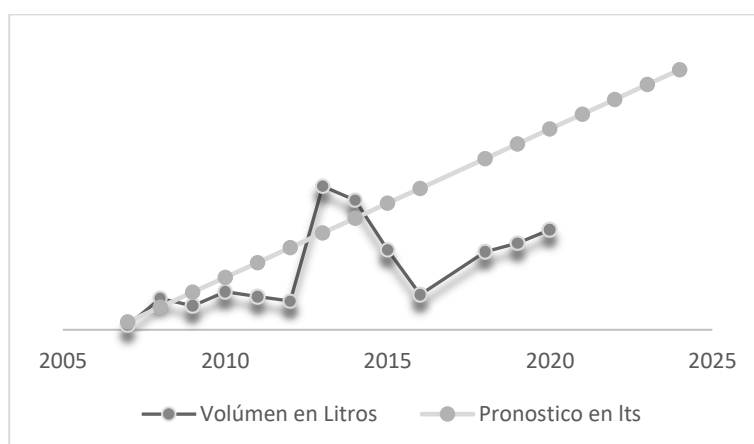


Figura 12. Pronóstico de las exportaciones (Litros)

Fuente: Elaboración propia

El valor de la producción mantiene una tendencia creciente (Figura 13), esta tendencia coincide con lo encontrado por otros autores en el análisis de la dinámica de las exportaciones mexicanas hacia Estados Unidos (Málaga & Williams, 2010).

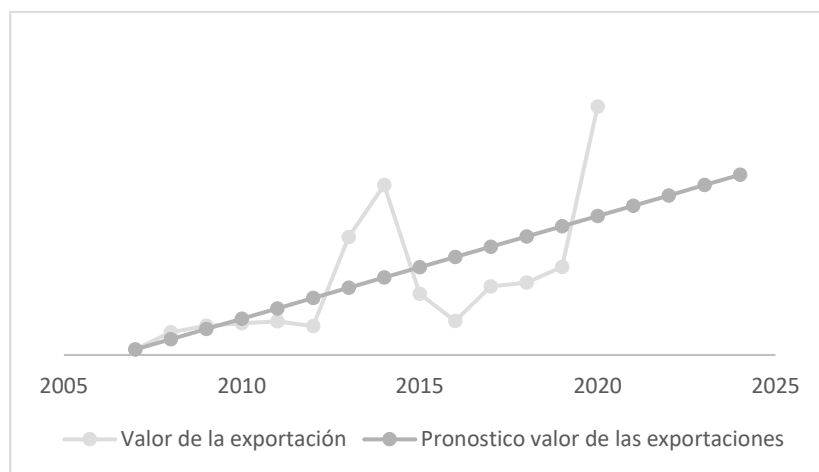


Figura 13. Pronóstico del valor de la producción (dólares)
Fuente: Elaboración propia

Modelo de investigación de mercado

El 51% de los participantes fueron mujeres, el 46% hombres y el 3% no se identifican con algún género. El 67% de los participantes manifestaron ser solteros, y el 33% casados.

El 44% declararon tener estudios universitarios, el 36% estudios de posgrado, el 10% tienen estudios a nivel preparatoria, el 8% ostento estudios a nivel técnico, y el 2% educación básica.

Otro dato interesante es que el 94% de los participantes manifestaron conocer el pulque, el 3% no lo conocen y el otro 3% no están seguros de saber que es.

Relacionado con el análisis sensorial el 90% de los encuestados reportó tener una sensación agradable por el destilado de pulque (**Cuadro 23**;**Error! No se**

encuentra el origen de la referencia.), las notas reportadas para cada producto son las siguientes.

Cuadro 23. Notas de cata

Destilado de pulque joven	Destilado de pulque reposado
Petricor	petricor
Cítricos	alcohol
Naranja	nuez
Herbal	naturaleza
fermentación	naranja
agridulce	madera
pulque	cascara de naranja
agave cocido	piña
	papaya
	barro
	plátano

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Un dato relevante entre los participantes es que el 73% de los participantes comentaron estar dispuestos a adquirir el destilado de pulque, el 23% manifiesta que tal vez lo compraría y el 3% comento que no lo compraría.

Un factor que los participantes consideraron de gran importancia en el estudio fue la calidad del producto. Todos los participantes afirmaron tener la intención de adquirir el producto, a pesar de que en términos de volumen no estuviera disponible en la misma medida que los productos comúnmente disponibles en el mercado.

Esto demuestra que el hecho de proporcionar información sobre el sistema de producción genera un impacto positivo y significativo en las decisiones de compra y la disposición a pagar de los consumidores.

Esta intención de compra se basó en el hecho de que el producto es 100% agave y no contiene aditivos, lo cual fue un criterio determinante para los participantes.

Los participantes en la encuesta manifestaron un precio máximo de compra de 100 dólares por botella para los dos destilados evaluados; siempre y cuando conserve la calidad declarada.

Con relación al modelo econométrico analizado, el coeficiente de determinación R^2 indicó una bondad de ajuste del 90% y 83% para cada modelo. (Cuadro 24).

Cuadro 24. Resultados del modelo de Disposición a pagar

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrada ajustada	Error típico de la estimación
DAP joven	.92	.85	.84	9.4387822
DAP reposado	.83	.69	.66	10.9160391

Fuente: Elaboración propia

Los dos modelos aprobaron las pruebas de hipótesis general y parciales, y se rechaza la posibilidad de que los coeficientes estimados β_1 , β_2 , fuesen iguales a cero con un nivel de significancia alto (Cuadro 25).

Cuadro 25. Coeficientes del modelo de exportación

Coeficientes no estandarizados				
DAP joven	B	Error típ.	T	Sig.
Intersección	11.08	4.962	2.23431	0.03306401
X ₁ Edad	0.022	0.11096	0.20400	0.83972622
X ₂ Ingreso	0.00030864	2.4744E-05	12.4736	2.1081E-13
DAP reposado	B	Error típ.	T	Sig.
Intersección	29.8736918	4.955244	6.02870	1.69e-06+
X ₁ Edad	-0.0861291	0.107002	-0.8049	0.4275
X ₂ Ingreso	0.00028917	2.2536E-05	12.8312426	1.6768

Fuente: Elaboración propia

En el modelo sobre comportamiento de la disposición a pagar de destilado de pulque joven, las dos variables, edad e ingreso inciden en el precio que pueden pagar los consumidores, lo cual es concordante con lo encontrado con otros estudios (Rahmani et al., 2021).

Para el modelo de reposado al aumentar la edad de los participantes disminuye el precio que están dispuestos a pagar por el producto, en cambio, la variable ingreso afecta de manera positiva al precio, es decir que a mayor ingreso mayor disposición a pagar, este tipo de tendencia coincide con lo encontrado por otros investigadores para productos agrícolas y su formación de precio (Sánchez-Gómez, 2019).

Conclusiones

Basado en los elementos analizados en este trabajo, se puede concluir que existe una tendencia creciente en las exportaciones de destilado de agave hacia los Estados Unidos. Los resultados del modelo utilizado no muestran indicios de un posible estancamiento en las variables estudiadas. Además, las pruebas estadísticas realizadas respaldan esta conclusión al no encontrar evidencia de cambios en la tendencia. Por lo tanto, se espera que la exportación de destilados de agave, incluidos en la fracción arancelaria 22087002, que son licores que contienen aguardiente o destilados de agave, siga creciendo tanto en volumen como en valor en el futuro.

Por lo anterior es factible el análisis exploratorio del mercado. En el análisis realizado a través de las encuestas y análisis sensorial del destilado de pulque en el Estado de California, los participantes manifestaron en general que la bebida recuerda el olor a campo y presenta notas afrutadas, lo cual proviene del sabor y el olor del aguamiel. La bebida obtuvo buenos puntajes en la evaluación, y el 73% de los participantes manifestaron estar dispuestos a comprarla.

Al brindar a los consumidores información sobre el proceso de producción artesanal y sin aditivos, incentivó la disposición de los consumidores a adquirir el producto, lo que indica que la mayor conciencia medioambiental y por la salud está incrementando la demanda de alimentos sanos y sostenibles. Esta tendencia crea una oportunidad de mercado para los alimentos de producción artesanal, cuya demanda ha crecido significativamente en los últimos años. Esta tendencia al alza también afecta a la producción de destilados de agave.

En el análisis de la relación entre las variables disposición a pagar, ingreso y edad en el caso del destilado joven, se observa una relación positiva entre estas variables y el precio. Esto significa que, a mayor edad e ingreso, están dispuestos a pagar una mayor cantidad por el destilado de pulque.

En el caso del destilado de pulque reposado, la variable ingreso incide de manera positiva pero marginal, mientras que la edad no se relaciona de manera positiva.

Dentro de las variables identificadas que inciden en la decisión de compra, el precio es la de mayor importancia. Ante esto, se recomienda brindar más información a los consumidores con el fin de valorizar en su justa medida el producto que se ofrece.

Por lo anterior, se sugiere la comercialización a través de puntos de venta con mayor especialización, lo que permitirá una mayor segmentación del mercado. Esto, a su vez, posibilitará el diseño de modelos de negocio basados en cadenas cortas que permitan la valorización del trabajo detrás de cada botella de destilado 100% de agave mexicano.

No obstante, es relevante señalar que los resultados expuestos revelan diversidad en las preferencias del consumidor. Por lo tanto, es fundamental considerar que las conclusiones de este trabajo son aplicables únicamente al conjunto de la población estudiada y que dentro de este grupo se pueden identificar segmentos con comportamientos distintos.

Con el fin de obtener una mayor cantidad de información, se recomienda ampliar la información de mercado y promover la creación de una fracción arancelaria específica para el destilado de pulque y para el pulque enlatado. Esto permitirá realizar análisis con mayor significancia estadística.

Literatura Citada

Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. (Quinta edi). Pearson Educación.

BBC, N. M. (2022). *El “tequila” australiano que busca competir con la tradicional*

- bebida mexicana*. Web page. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-61911848>
- Berges, M., & Casellas, K. (2008). Disposición a pagar por atributos de calidad. Un estudio aplicado al agregado de nutrientes en la leche fluida. *Anales, Asociación Argentina de Economía Política*.
- Bureau, D. of C. (2020). *A profile of u.s. importing and exporting companies, 2020-2021*.
- Cermeño, R., & Rivera, H. (2016). La demanda de importaciones y exportaciones de México en la era del TLCAN. *Trimestre Económico*, 83(329), 127–147.
- Cn traveller. (2021). *There's a new homegrown spirit coming out of Goa, but it isn't gin*. <https://www.cntraveller.in/story/pistola-theres-a-new-homegrown-spirit-coming-out-of-go-a-but-it-isnt-gin/>
- Copeland, K. A. F. (1997). Applied Linear Statistical Models. En *Journal of Quality Technology* (Vol. 29, Número 2). <https://doi.org/10.1080/00224065.1997.11979760>
- Cota, M. F. H., Guerra, R. E. M., & Barceló, J. G. A. (2023). Efecto de los tratados comerciales de américa del norte sobre las exportaciones agrícolas de México a Estados Unidos. *Investigación Económica*, 82(324), 126–149.
- NOM-006-SCFI-1994, 1 (1994) (testimony of DOF).
- García-Mendoza, A. J. (2007). Los agaves de México. *Ciencias*, 087, 14–23. <https://doi.org/0187-6376>
- Gómez-Cuevas, K., Delgado-Cruz, A., & Palmas-Castrejón, D. (2020). Originalidad del tequila como símbolo de identidad mexicana. Percepción del turista-consumidor a partir de su exportación. *Revista RIVAR*, 7(21), 59–80. <https://doi.org/10.35588/rivar.v7i21.4638>
- Gomez S., N. R. (2008). *Modelo de planeación de la demanda de consumo en la industria de bebidas gaseosas para la ciudad de Quito*. Escuela Politécnica Nacional.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometría*. The McGraw-Hill.
- Hernández, C. E., & Carpio, N. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *ALERTA Revista Científica del Instituto Nacional de Salud*, 2(1), 75–79. <https://doi.org/10.5377/alerta.v2i1.7535>
- IWSR, D. M. analysis. (2022). *The Rise of Alternative Agave-Based Spirits*. IWSR Industry Insights. <https://www.theiwsr.com/the-rise-of-alternative-agave-based-spirits/>
- Juárez, A. C., Zuñiga, C. A., Flores, J. L. M., & Partida, D. S. (2016). Analysis of time-series on the forecast of the demand of storage of perishable products. *Estudios Gerenciales*, 32(141), 387–396.

<https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.11.002>

- Lappe-Oliveras, P., Moreno-Terrazas, R., Arrizón-Gaviño, J., Herrera-Suárez, T., García-Mendoza, A., & Gschaedler-Mathis, A. (2008). Yeasts associated with the production of Mexican alcoholic nondistilled and distilled Agave beverages. *FEMS Yeast Research*, 8(7), 1037–1052.
<https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2008.00430.x>
- Lucio-López, C. (2022). Los destilados de agave en México. *Iberoamericana de Ecología*, 1(3), 5–7.
- Málaga, J., & Williams, G. (2010). Mexican agricultural export competitiveness. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 27, 295–309.
- Moreno, C., & Tercila, F. (2019). *El pronóstico de ventas en los negocios*.
- Perez, C. (2007). Mezcales tradicionales de los pueblos de Mpexico, herencia cultural y biodiversidad. *Ciencias*, 87, 54–60.
- Rahmani, D., Escobar, C., & Gil Roig, J. M. (2021). Experimentos de consumo en Cataluña en el marco del proyecto Vinover (INTERreg–Sudoe). *Enovicultura*, 69, 1–9.
- Rahmer, B. J., Saénz, G., Solana, G., & Manuel, J. (2022). Análisis comparativo de modelos de planificación agregada. El caso de las empresas manufactureras colombianas. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 33, 285–309.
- Sánchez-Gómez, C. (2019). Exportación hortofrutícola de México hacia los Estados Unidos de América. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(54), 1–20.
<https://doi.org/10.24836/es.v29i54.766>
- Tudela, J., & Leos, J. (2017). *Herramientas metodológicas para aplicaciones del método de valoración contingente*.
- Valencia, V., Valencia, V., & Valencia, V. (2006). *X Congreso de Ingeniería de Organización Valencia, 7-8 de Septiembre de 2006*. 7–8.
- Villarreal, F. (2016). Introducción a los modelos de distribución de especies. *Universidad Nacional del Sur*, 1–121.
- World Bank. (2021). *Data bank microdata*.
https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?most_recent_value_desc=true

VI. CONCLUSIONES GENERALES

El agave puede ser considerado como un prodigio de la naturaleza, así como la planta del futuro, es capaz de sobrevivir por largos periodos sin agua, capta una gran cantidad de dióxido de carbono, gracias al metabolismo tipo CAM que poseen la mayor parte de los agaves.

Su estructura morfológica brinda servicios ecosistémicos como la filtración de agua, mejora los suelos agrícolas, y con un manejo agroecológico colabora en el equilibrio del ecosistema, entre ellos los polinizadores.

Además de sus múltiples beneficios, los agaves tienen propiedades medicinales, que se han conocido desde tiempos ancestrales, y en la actualidad estas propiedades se han confirmado a través de las múltiples investigaciones realizadas.

Lo anterior se confirma con el análisis bibliométrico realizado en esta investigación; el artículo más citado cuya autoría es Andrade-Cetto con un artículo publicado en el año 2005, en donde realiza una investigación sobre los beneficios que aporta el aguamiel en el control de la diabetes.

En este sentido, se encontró que existen tres líneas de investigación para los agaves pulqueros: sus características fisiológicas y usos alternativos, análisis de las propiedades químicas del pulque y aguamiel, y el tercer versa en el valor cultural de los agaves pulqueros.

Esta información permite conocer que ha existido interés por parte de los investigadores en analizar las características biológicas de las plantas, y han evidenciado las propiedades nutraceuticas de los agaves pulqueros.

Por lo anterior existe potencial de los Agaves pulqueros en la producción de suplementos alimenticios y otros productos, por tanto, surge la necesidad de analizar la cadena de producción, su viabilidad económica y el manejo

agronómico desde el punto de vista de los agronegocios, y dar respuesta a una de las interrogantes planteadas en esta investigación.

¿En rentable la producción de pulque y en qué condiciones? Los resultados de la investigación muestran que la producción de pulque y aguamiel es un agronegocio rentable a pesar del largo tiempo requerido para el desarrollo del cultivo.

El análisis se realizó en condiciones intensivas de producción, con el uso mínimo de fertilizantes y agroquímicos, el manejo de cultivo se realiza a través de prácticas agronómicas preventivas, realizando podas anuales, fertilizando orgánicamente, con un manejo de maleza bajo criterios agroecológicos, lo que da como resultado que el principal costo dentro de la estructura es la mano de obra.

Un factor importante para considerar para que la producción sea rentable es la comercialización a través de cadenas cortas. Esto se logra en la región analizada gracias a su cercanía al mercado, sin embargo, para tener un panorama amplio sobre otras regiones pulqueras alejadas de los centros de consumo, es necesario hacer un análisis de costos e identificar el modelo de negocio que ayude a estas comunidades a desarrollar un potencial económico en su producción bajo un enfoque de sustentabilidad que permita aprovechar los beneficios agroclimáticos que aportan los agaves.

El principal uso que se le ha dado a los agaves es para la producción de bebidas alcohólicas, la cual comenzó con la producción de pulque en las comunidades prehispánicas.

Sin embargo, desde el punto de vista económico, en los últimos 10 años ha habido un aumento de la demanda de Tequila sin precedentes, como consecuencia ha impulsado el aumento en el consumo de mezcal, los consumidores motivados por los sabores ahumados y la versatilidad para preparar cocteles han empujado altas tasas de crecimiento.

La presión del mercado ha llevado a un incremento en la producción de agaves tequileros y mezcaleros, lo cual ha generado problemas de sostenibilidad ambiental y la incorporación de aditivos en el Tequila. No obstante, estas condiciones de producción han captado la atención de los consumidores informados, quienes están conscientes de estos problemas en la cadena de suministro y buscan cada vez más un consumo responsable y de alta calidad en sus bebidas.

El crecimiento del consumo y las altas tasas de rentabilidad de las bebidas destiladas de agave, así como la capacidad de los agaves de crecer en diferentes climas con mínimos requerimientos hídricos ha despertado el interés en el cultivo y destilación de agaves en otros países.

Es importante tener en cuenta estas exposiciones, ya que impactarán la estructura actual del mercado de bebidas a base de agave. Sin embargo, en México aún existe un potencial no explotado con otros destilados de agave cocidos, como la raicilla y la bacanora. Además, existe otra técnica de producción utilizando la fermentación del aguamiel, que resulta en destilados como el Comiteco y el menos conocido destilado de pulque.

El mercado de Estados Unidos es fundamental para comprender la dinámica económica que ha impulsado el desarrollo comercial del tequila y el mezcal. En términos de valor y niveles de consumo, es el mercado más importante para los destilados de agave.

Por lo tanto, el tercer objetivo de la investigación fue pronosticar el comportamiento de la demanda de destilados de agave en el mercado de Estados Unidos, con el fin de determinar si existe potencial de comercialización para el destilado de pulque.

Los resultados de la investigación destacan que la principal barrera para el desarrollo de la cadena de producción del destilado de pulque radica en la

escasez de información, estadísticas y un marco regulatorio que respalde su producción y promueva su consumo.

Sin embargo, el análisis revela una tendencia creciente en la exportación de estos destilados de agave en el mercado estadounidense, lo que sugiere que trabajar hacia la exportación a este mercado es económicamente viable a largo plazo para los productores mexicanos.

Las consideraciones que deben tenerse en cuenta para la comercialización del destilado de pulque, se centran en la necesidad de brindar una mayor información al consumidor estadounidense acerca de la calidad de los destilados de agave que consumen, de modo que puedan tomar decisiones informadas y fomentar el consumo sustentable.

Con el fin de alcanzar este objetivo, los productores de destilado de pulque deben mejorar sus capacidades dentro de la cadena de producción. La comercialización a través de canales tradicionales no es una opción viable debido a los altos volúmenes de demanda requeridos por dichos mercados. En su lugar, se sugiere exportar en volúmenes más reducidos, pero manteniendo altos estándares de calidad y cantidad acordada. Esto permitirá establecer una cadena de suministro a largo plazo, impulsando así negocios sostenibles y duraderos con el tiempo.

Como parte de la estrategia de comercialización, se deben considerar diversas acciones. En primer lugar, se debe promover la difusión de la cultura del pulque y sus beneficios a través de redes sociales y plataformas digitales. Además, es importante contar con embajadores de la cultura pulquera mediante los consulados, quienes puedan promover y representar esta tradición en el extranjero. También se debe identificar empresarios comprometidos con el medio ambiente en Estados Unidos, con un enfoque en la comercialización de productos de arraigo cultural, que privilegien la calidad sobre la cantidad. Estas medidas contribuirán a fortalecer la presencia y difusión del destilado de pulque en el mercado estadounidense.

El destilado de pulque representa una oportunidad para elevar el nivel de desarrollo de las comunidades pulqueras en México, al mismo tiempo que permite establecer modelos de desarrollo sostenible a través de cadenas cortas de comercialización. Esto se debe a la larga vida de anaquel del producto y a la importancia económica global del mercado de bebidas alcohólicas.

Para impulsar el desarrollo de la cadena de producción, se propone una integración vertical que vaya más allá del rol de mero proveedor de materia prima, como ha ocurrido en la cadena de producción de tequila y mezcal. Para lograr esto, es necesario promover arreglos de producción y comercialización alternativos que permitan una mayor participación en todas las etapas del proceso, por lo que se requieren programas de capacitación, manejo de cultivo, y desarrollo de las capacidades de los actores sociales en el territorio de las comunidades pulqueras del país.