

Título del Proyecto de Investigación  
al que corresponde el Reporte Técnico:

Análisis bibliométrico sobre la huella de carbono en la elaboración de  
bebidas destiladas

Tipo de financiamiento

Sin financiamiento

Fecha de Inicio: 15/11/2023  
Fecha de Término: 15/11/2024

Tipo de Reporte

Parcial

Final

Autor (es) del reporte técnico:

**Juan Manuel Madrid Solorzano**  
Instituto de Arquitectura, Diseño y Arte  
**Jorge Luis García Alcaraz**  
Instituto de Ingeniería y Tecnología

# Análisis bibliométrico sobre la huella de carbono en la elaboración de bebidas destiladas

## **Resumen del reporte técnico en español (máximo 250 palabras)**

La producción de bebidas alcohólicas, especialmente las destiladas, tiene un impacto ambiental significativo que ha captado la atención de la comunidad científica y de los responsables de políticas públicas. La industria del alcohol emite anualmente miles de millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, contribuyendo de manera considerable al cambio climático. Este estudio se centra en la evaluación del impacto ambiental de la producción de bebidas destiladas mediante la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y el análisis bibliométrico. El ACV permite una evaluación integral de todas las etapas del ciclo de vida de un producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final, identificando áreas críticas y sugiriendo estrategias de descarbonización. A pesar del crecimiento del mercado de licores, la aplicación del ACV en este sector es limitada, con solo un 11% de los artículos revisados abordando este tema. El análisis bibliométrico, por su parte, facilita la visualización de patrones y tendencias en la investigación, destacando la necesidad de una mayor colaboración entre investigadores y la implementación de prácticas más sostenibles. Este estudio no solo busca comprender mejor los efectos ambientales de la producción de bebidas destiladas, sino también promover el desarrollo de estrategias efectivas para mitigar su impacto. La combinación de estas metodologías ofrece una perspectiva robusta para abordar los desafíos ambientales de la industria, fomentando un futuro más sostenible y responsable en la producción de bebidas alcohólicas. Este preámbulo establece el contexto y la relevancia del estudio, subrayando la urgencia de fortalecer la investigación en este campo.

## **Resumen del reporte técnico en inglés (máximo 250 palabras)**

The production of alcoholic beverages, especially distilled ones, has a significant environmental impact that has caught the attention of the scientific community and policymakers. The alcohol industry emits billions of tons of CO<sub>2</sub> annually, contributing considerably to climate change. This study focuses on evaluating the environmental impact of distilled beverage production using the Life Cycle Assessment (LCA) methodology and bibliometric analysis. LCA allows for a comprehensive assessment of all stages of a product's life cycle, from raw material extraction to final disposal,

identifying critical areas and suggesting decarbonization strategies. Despite the growth of the liquor market, the application of LCA in this sector is limited, with only 11% of the reviewed articles addressing this topic. Bibliometric analysis, on the other hand, facilitates the visualization of patterns and trends in research, highlighting the need for greater collaboration among researchers and the implementation of more sustainable practices. This study not only seeks to better understand the environmental effects of distilled beverage production but also to promote the development of effective strategies to mitigate its impact. The combination of these methodologies offers a robust perspective to address the industry's environmental challenges, fostering a more sustainable and responsible future in alcoholic beverage production. This preamble establishes the context and relevance of the study, highlighting the urgency of strengthening research in this field.

**Palabras clave:**

**ACV, CO<sub>2</sub>, análisis bibliométrico, estado del arte, bebidas destiladas**

**Reconocimientos**

Agradecimientos al Consejo Regulador del Sotol por proporcionar información para la realización de esta investigación. Asimismo, se agradece la colaboración de la estudiante de diseño industrial Ámbar Lucia Aldana Rosales, con matrícula 189878.

**1. Introducción**

La producción de bebidas alcohólicas tiene un impacto negativo significativo en el medio ambiente. Según la ONU, la industria del alcohol emite anualmente miles de millones de toneladas de CO<sub>2</sub> debido a su consumo, transporte y gestión de residuos. Por ejemplo, en Suecia, el consumo de alcohol representa el 3% de la huella de carbono del país. Un estudio de la Universidad de Manchester indica que el sector emite 1.5 gigatoneladas de gases de efecto invernadero a nivel mundial, equivalente a las emisiones de 276 millones de automóviles (European Environment Agency [EEA], 2023).

Por esta razón, varios países han reconocido la necesidad de que el Estado implemente estrategias para reducir estas emisiones, enfocándose en que las empresas disminuyan su huella de carbono. Diversos gobiernos han establecido tratados internacionales como la

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París, así como declaraciones unilaterales como los Compromisos de Cancún y las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) (La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), 2023).

## **2. Planteamiento**

Realizar un análisis del estado del arte y un análisis bibliométrico sobre una bebida destilada es fundamental para avanzar en el conocimiento y desarrollo de este campo. En primer lugar, ambos análisis permiten compilar y evaluar la producción científica existente, identificando tendencias y vacíos en la investigación. Además, facilitan la identificación de colaboraciones y redes de investigación, potenciando el intercambio de conocimientos. Estos estudios también proporcionan datos objetivos que apoyan la toma de decisiones informadas por parte de productores y reguladores. Para este trabajo, se analiza el impacto ambiental de las bebidas destiladas. En conclusión, tanto el análisis del estado del arte como el bibliométrico son herramientas esenciales para impulsar la innovación y el desarrollo sostenible en la industria de bebidas destiladas como el Tequila, Mezcal y Sotol

### **2.1 Antecedentes**

Existe una creciente preocupación por medir la huella de carbono de las bebidas alcohólicas utilizando la metodología del análisis del ciclo de vida (ACV). El ACV identifica áreas de mejora en el proceso de fabricación y busca estrategias para reducir el impacto ambiental y la salud humana. Además, se considera una forma de persuadir a los fabricantes de que su proceso será más eficiente al consumir menos energía (Madrid-Solórzano et al., 2021).

En el mercado global de bebidas alcohólicas, las bebidas destiladas, como el brandy, la ginebra, el ron, el vodka y el whisky, son especialmente reconocidas. Se proyecta que, en 2027, esta categoría alcanzará ingresos de 346.8 billones de dólares. Sin embargo, esto implica un mayor consumo de recursos naturales y energía, principalmente de combustibles fósiles, lo que conlleva un aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero (Samour et al., 2023).

El consumo de bebidas alcohólicas en Suecia genera hasta 2.38 kg de CO<sub>2</sub> eq por litro, lo que equivale a aproximadamente 52 kg de CO<sub>2</sub> eq por persona al año. Las fases de agricultura, producción del destilado y envasado son las que más impactan al medio

ambiente. El vino es la bebida que más gases de efecto invernadero emite, seguido de los licores y la cerveza. La cerveza tiene menores emisiones debido al uso de latas de aluminio y botellas de vidrio recicladas, acorde con World Spirits Alliance (WSA).

El impacto ambiental del consumo y producción de bebidas destiladas es significativo, principalmente a través de su huella de carbono. Las emisiones pueden ser directas, durante la fabricación, o indirectas, por la compra de energía y el uso de recursos en la agricultura. Para reducir este impacto, se necesitan productos con menor contaminación y mayor eficiencia en el uso de recursos no renovables (Fetzer, 2022).

Reducir el impacto ambiental de la industria de bebidas alcohólicas es un desafío debido a la complejidad de su cadena de producción y suministro, que incluye la producción de materias primas, fabricación de envases, distribución, publicidad y consumo. Además, deben considerarse las actividades de comercialización y distribución a través de tiendas en línea (Madrid-Solórzano et al., 2022).

## **2.2 Marco teórico**

El análisis del impacto ambiental del proceso de producción de bebidas destiladas es crucial para entender y mitigar los efectos negativos que esta industria tiene sobre el medio ambiente. La metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) se presenta como una herramienta fundamental para este propósito, ya que permite evaluar de manera integral todas las etapas del ciclo de vida de un producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Este enfoque holístico identifica las áreas de mayor impacto ambiental y sugiere estrategias para reducirlo (Hosseini et al., 2023).

La producción de bebidas destiladas, como el brandy, la ginebra, el ron, el vodka y el whisky, implica un consumo significativo de recursos naturales y energía, principalmente de combustibles fósiles. Esto resulta en la emisión de grandes cantidades de gases de efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático. Estudios recientes han demostrado que la huella de carbono de estas bebidas es considerable, lo que subraya la necesidad de implementar prácticas más sostenibles en su producción (Alsayed & Tayeh, 2019).

El ACV no solo permite identificar los puntos críticos en el proceso de producción, sino que también ofrece una base científica para desarrollar estrategias de descarbonización. Estas estrategias pueden incluir la optimización de procesos, la adopción de energías

renovables, y la mejora en la gestión de residuos. Además, el ACV puede ser utilizado para persuadir a los fabricantes de que la eficiencia energética no solo es beneficiosa para el medio ambiente, sino que también puede resultar en ahorros económicos significativos. Para evaluar la evolución científica en este campo, el análisis bibliométrico se convierte en una herramienta invaluable. Este tipo de análisis permite visualizar patrones y tendencias en la investigación, identificando los principales contribuyentes y las áreas de mayor interés. A través del análisis bibliométrico, es posible mapear el desarrollo del conocimiento sobre el impacto ambiental de las bebidas destiladas y las estrategias de descarbonización, proporcionando una comprensión integral del estado actual de la investigación (Hasan et al., 2023).

En conclusión, el uso combinado del ACV y el análisis bibliométrico ofrece una perspectiva robusta para abordar el impacto ambiental de la producción de bebidas destiladas. Estas metodologías no solo facilitan la identificación de áreas de mejora, sino que también apoyan el desarrollo de estrategias efectivas para lograr la descarbonización, promoviendo así una industria más sostenible y responsable.

### **3. Objetivos (general y específicos)**

El objetivo principal de este capítulo es analizar la evolución científica del impacto ambiental del proceso de producción de bebidas destiladas utilizando la metodología del ACV y las estrategias para lograr la descarbonización. Este estudio identificará las tendencias más relevantes en las publicaciones científicas y formulará futuros proyectos de investigación.

Para alcanzar este objetivo, el análisis bibliométrico (también conocido como cartografía científica) facilita la visualización de patrones de desarrollo y tendencias en un tema específico. En la actualidad, este tipo de análisis está ganando popularidad y se utiliza en diversos campos de estudio, ya que se considera una herramienta eficaz para visualizar la información (Kirby, 2023). Los análisis bibliométricos proporcionan una comprensión integral de un tema de interés a partir de las publicaciones científicas en diferentes bases de datos, como Scopus (Furszyfer Del Rio et al., 2022). Un análisis bibliométrico evalúa el número de artículos publicados sobre el tema de interés, los autores contribuyentes y las palabras clave relevantes de un conjunto de artículos; además, analiza las

características cuantitativas de un grupo de artículos publicados, como el número de citas recibidas y el índice H (Tamala et al., 2022).

#### **4. Metodología**

Para realizar un estudio bibliométrico efectivo, se emplearon dos recursos principales: las publicaciones científicas indexadas en Scopus y el software VOSviewer para su análisis. Scopus es una de las bases de datos más utilizadas para la creación de cartografías científicas sobre diversos temas de interés, siendo ampliamente reconocida en universidades y proporcionando acceso a investigaciones que examinan el impacto ambiental de la producción de bebidas destiladas. Por otro lado, VOSviewer permite construir y visualizar redes bibliométricas, facilitando el análisis detallado de una cantidad moderada de información. Ambos recursos son esenciales para la creación de mapas científicos sobre publicaciones académicas relevantes (Abdelwahab et al., 2023).

La idea principal de este enfoque es que el uso combinado de Scopus y VOSviewer proporciona una base sólida para el análisis bibliométrico. Primero, Scopus ofrece una amplia colección de publicaciones científicas, lo que garantiza una cobertura exhaustiva del tema de estudio. Segundo, VOSviewer permite una visualización clara y detallada de las redes bibliométricas, lo que facilita la identificación de patrones y tendencias en la investigación (Abdelwahab et al., 2023). En conclusión, la combinación de estos recursos es fundamental para llevar a cabo un análisis bibliométrico riguroso y efectivo, proporcionando una comprensión profunda del impacto ambiental en la producción de bebidas destiladas.

#### **5. Resultados**

La investigación sobre el impacto ambiental de la producción de bebidas destiladas es un área que requiere atención urgente y un desarrollo más robusto. La idea principal de este análisis es que, a pesar del crecimiento del mercado de licores, el uso de la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en este sector es escaso y necesita ser fortalecido.

En primer lugar, se ha identificado que solo el 11% de los artículos revisados aborda el perfil ambiental de la producción de destilados utilizando el ACV, lo que indica una falta de atención en este campo de estudio. A pesar de la amplia variedad de destilados a nivel mundial, como el ron, la ginebra y el tequila, el número de publicaciones sobre el ACV en la producción de estas bebidas sigue siendo limitado. Este escaso interés académico se refleja en la concentración de publicaciones en un corto período de seis años, de 2016 a

2022, lo que sugiere que la comunidad científica no ha priorizado este análisis a pesar del aumento en la producción de bebidas destiladas.

Además, el análisis de palabras clave revela que hay temas de interés relacionados con la sostenibilidad y el aprovechamiento de residuos en la producción de bebidas destiladas. Por ejemplo, se han identificado clústeres que destacan la conversión de residuos de destilería en biogás y alimento para animales, lo que sugiere un potencial para mejorar la sostenibilidad de esta industria. Sin embargo, la falta de colaboración entre investigadores y la escasa coautoría en este campo limitan el avance del conocimiento y la implementación de prácticas más sostenibles.

Por otro lado, el uso de botellas de vidrio en la producción de bebidas destiladas contribuye significativamente al impacto ambiental debido al consumo de agua y la generación de residuos<sup>8</sup>. Este hallazgo resalta la necesidad de investigar alternativas más sostenibles en el envasado y la producción de estas bebidas. Asimismo, el análisis de la evolución temporal de las investigaciones muestra que las palabras clave más recientes, como "producción más limpia" y "evaluación del ciclo de vida", están comenzando a ganar relevancia, lo que indica un cambio hacia un enfoque más sostenible en la investigación sobre bebidas destiladas.

La industria de las bebidas destiladas sigue creciendo, aunque lentamente, y su desarrollo económico contribuye significativamente al cambio climático debido a las emisiones de dióxido de carbono. Este documento analiza el estado actual y las tendencias en la investigación sobre la evaluación del impacto ambiental en esta industria, utilizando una revisión de literatura sistemática y el análisis bibliométrico con la herramienta VOSviewer. A pesar de las limitaciones del estudio, como la escasa bibliografía y el uso exclusivo de la base de datos Scopus, se identificaron varias estrategias para reducir el impacto ambiental:

1. Energías alternativas: uso de biocombustibles, bioelectricidad y energía solar en lugar de petróleo.
2. Aprovechamiento de residuos: utilización de residuos orgánicos para alimentar animales.
3. Envases sostenibles: reducción del impacto ambiental mediante el uso de materiales alternativos al vidrio, como el PET.

4. Consumo eficiente de agua: optimización del uso de agua en el proceso de destilación.
5. Transporte: reducción de las distancias de transporte de materias primas e insumos.

Estas tendencias reflejan un esfuerzo por descarbonizar la producción de bebidas destiladas y mitigar su impacto ambiental.

En conclusión, es fundamental que la investigación sobre el impacto ambiental de la producción de bebidas destiladas se fortalezca mediante un mayor enfoque en el ACV y la colaboración entre investigadores. Esto no solo contribuirá a una mejor comprensión de los efectos ambientales de esta industria, sino que también permitirá el desarrollo de estrategias efectivas para mitigar su impacto, promoviendo así un futuro más sostenible para la producción de bebidas alcohólicas. La consolidación de este campo de investigación es una oportunidad para abordar los desafíos ambientales que enfrenta la industria y para fomentar prácticas más responsables en la producción de licores y destilados.

## **6. Productos generados**

### **Memoria en extenso:**

Sustainable strategies for the spirit industry (2024). VIII International Congress of Innovation and Sustainable ICONIS (8th: 2024 Mayo 29 al 31: Mazatlán, Sinaloa, México). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/9795>

Registro en CATHI (URI): <https://cathi.uacj.mx/20.500.11961/28751>

**Ponencia en congreso en el VIII International Congress of Innovation and Sustainable ICONIS (8th: 2024 mayo 29 al 31: Mazatlán, Sinaloa, México).**

Registro en CATHI (URI): <https://cathi.uacj.mx/20.500.11961/28675>

### **Proyecto de titulación:**

Estudiante: Ámbar Lucia Aldana Rosales, con matrícula 189878. Nombre del proyecto de titulación: Diseño de sistema para reutilizar botellas de vidrio de sotol. URL para acceder al archivo: <https://drive.google.com/file/d/1rby5OWbwtnTxGRHTxQ98XsBq7FadMCPG/view?usp=sharing>

## **Libro en proceso de revisión por pares:**

Se anexa cartas de cesion de derechos a editorial:

URL para acceder a las cartas de cesión de derechos a editorial:

<https://drive.google.com/drive/folders/1-LJCgrZvYx41bXVn601Zl9PvPsN2SvDL?usp=sharing>

## **7. Conclusiones**

La producción de bebidas destiladas tiene un impacto significativo en el medio ambiente, principalmente debido a las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de recursos naturales. A pesar del crecimiento del mercado, la aplicación del ACV en este sector es limitada y necesita ser fortalecida. El análisis bibliométrico revela una falta de atención académica y colaboración en este campo, lo que limita el avance hacia prácticas más sostenibles.

Para mitigar el impacto ambiental, es crucial adoptar estrategias como el uso de energías renovables, la optimización de procesos y la mejora en la gestión de residuos. Además, se debe investigar el uso de materiales de envasado más sostenibles y reducir el consumo de agua en la producción. La consolidación de la investigación en este ámbito es esencial para desarrollar soluciones efectivas y promover una industria de bebidas destiladas más responsable y sostenible.

## **8. Contribución e impacto del proyecto**

El proyecto descrito en el documento tiene varias contribuciones e impactos significativos en el ámbito de la producción de bebidas destiladas y su impacto ambiental:

Contribuciones:

1. Desarrollo de Estrategias de Descarbonización: Propone estrategias para descarbonizar la producción de bebidas destiladas, como la optimización de procesos, la adopción de energías renovables y la mejora en la gestión de residuos.
2. Análisis Bibliométrico: Realiza un análisis bibliométrico para mapear el desarrollo del conocimiento sobre el impacto ambiental de las bebidas destiladas

y las estrategias de descarbonización, identificando patrones y tendencias en la investigación.

Impactos:

1. **Conciencia Ambiental:** Aumenta la conciencia sobre el impacto ambiental de la producción de bebidas destiladas y la necesidad de adoptar prácticas más sostenibles.
2. **Innovación en la Industria:** Promueve la innovación y el desarrollo sostenible en la industria de las bebidas destiladas, impulsando la adopción de tecnologías y prácticas que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero.
3. **Políticas y Regulaciones:** Proporciona datos objetivos que pueden apoyar la toma de decisiones informadas por parte de productores y reguladores, contribuyendo al desarrollo de políticas y regulaciones ambientales más efectivas.

En resumen, el proyecto tiene un impacto positivo al proporcionar una comprensión integral del impacto ambiental de la producción de bebidas destiladas y al proponer estrategias efectivas para mitigar este impacto, promoviendo una industria más sostenible y responsable.

## **9. Impacto económico, social y/o ambiental en la región**

Impacto Económico:

1. **Reducción de Costos:** La implementación de estrategias de descarbonización y eficiencia energética puede resultar en ahorros significativos para los productores de bebidas destiladas, reduciendo los costos operativos.
2. **Innovación y Competitividad:** La adopción de tecnologías sostenibles puede impulsar la innovación en la industria, mejorando la competitividad de las empresas locales en el mercado global.

Impacto Social:

1. **Generación de Empleo:** La transición hacia prácticas más sostenibles puede crear nuevos empleos en áreas como la gestión de residuos, la producción de energías renovables y la investigación y desarrollo.
2. **Mejora de la Salud Pública:** La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes puede tener un impacto positivo en la salud pública, disminuyendo enfermedades relacionadas con la contaminación.

3. Conciencia y Educación: El proyecto puede aumentar la conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad y fomentar una cultura de responsabilidad ambiental entre los productores y consumidores.

#### Impacto Ambiental:

1. Reducción de Emisiones: La adopción de energías renovables y la optimización de procesos pueden reducir significativamente las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero.
2. Conservación de Recursos: La implementación de prácticas de eficiencia energética y gestión de residuos puede disminuir el consumo de recursos naturales, como el agua y los combustibles fósiles.
3. Sostenibilidad de los Ecosistemas: La reducción del impacto ambiental de la producción de bebidas destiladas puede contribuir a la conservación de los ecosistemas locales, protegiendo la biodiversidad y los recursos naturales.

En resumen, el proyecto tiene el potencial de generar beneficios económicos, sociales y ambientales significativos para la región, promoviendo una industria de bebidas destiladas más sostenible y responsable.

#### **10. Referencias (bibliografía)**

- Abdelwahab, S. I., Taha, M. M. E., Moni, S. S., & Alsayegh, A. A. (2023). Bibliometric mapping of solid lipid nanoparticles research (2012–2022) using VOSviewer. *Medicine in Novel Technology and Devices*, 17, 100217. <https://doi.org/10.1016/j.medntd.2023.100217>
- Alsayed, M. F., & Tayeh, R. A. (2019). Life cycle cost analysis for determining optimal insulation thickness in Palestinian buildings. *Journal of Building Engineering*, 22, 101–112. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.11.018>
- European Environment Agency [EEA]. (2023). *Economic growth, rather than population growth, will be the core driver of consumption—European Environment Agency* [Page]. <https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2011-archived/earth-2050-global-megatrends/economic-growth-rather-than-population>
- Fetzer, A. (2022). *Footprint Launches Drinks Industry ESG Trends Report To Drive Sustainability Progress Across The Sector*. Pernod Ricard UK.

- <https://www.pernod-ricard.com/en/locations/uk/media/footprint-launches-drinks-industry-esg-trends-report-drive-sustainability>
- Furszyfer Del Rio, D. D., Sovacool, B. K., Foley, A. M., Griffiths, S., Bazilian, M., Kim, J., & Rooney, D. (2022). Decarbonizing the glass industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 155, 111885.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111885>
- Hasan, M., Abedin, M. Z., Amin, M. B., Nekomahmud, Md., & Oláh, J. (2023). Sustainable biofuel economy: A mapping through bibliometric research. *Journal of Environmental Management*, 336, 117644.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117644>
- Hosseini, S. M., Aslani, A., & Kasaeian, A. (2023). Life cycle cost and environmental assessment of CO<sub>2</sub> utilization in the beverage industry: A natural gas-fired power plant equipped with post-combustion CO<sub>2</sub> capture. *Energy Reports*, 9, 414–436.  
<https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.11.200>
- Kirby, A. (2023). Exploratory Bibliometrics: Using VOSviewer as a Preliminary Research Tool. *Publications*, 11(1), Article 1.  
<https://doi.org/10.3390/publications11010010>
- La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2023, March 21). *Riesgo inminente de una crisis mundial del agua*.  
<https://www.unesco.org/es/articulos/riesgo-inminente-de-una-crisis-mundial-del-agua-unesco/onu-agua>
- Madrid-Solórzano, J. M., García-Alcaraz, J. L., Macías, E. J., Cámara, E. M., & Fernández, J. B. (2021). Life Cycle Analysis of Sotol Production in Mexico. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5.  
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.769478>
- Madrid-Solórzano, J. M., García-Alcaraz, J. L., Martínez Cámara, E., Blanco Fernández, J., & Jiménez Macías, E. (2022). Sustainable Industrial Sotol Production in Mexico—A Life Cycle Assessment. *Agriculture*, 12(12), Article 12.  
<https://doi.org/10.3390/agriculture12122159>

Samour, A., Adebayo, T. S., Agyekum, E. B., Khan, B., & Kamel, S. (2023). Insights from BRICS-T economies on the impact of human capital and renewable electricity consumption on environmental quality. *Scientific Reports*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-32134-1>

Tamala, J. K., Maramag, E. I., Simeon, K. A., & Ignacio, J. J. (2022). A bibliometric analysis of sustainable oil and gas production research using VOSviewer. *Cleaner Engineering and Technology*, 7, 100437. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100437>

## 11. Anexos

### Memoria en extenso:

<https://cathi.uacj.mx/20.500.11961/28751>

### Proyecto de titulación:

<https://drive.google.com/file/d/1rby5OWbwtnTxGRHTxQ98XsBq7FadMCPG/view?usp=sharing>

### Libro en proceso de revisión por pares:

<https://drive.google.com/drive/folders/1-LJCgrZvYx41bXVn601Zl9PvPsN2SvDL?usp=sharing>

### 11.1 Taxonomía de los Roles de Colaborador (con las actividades logradas)

| Roles  | Definición de los roles  | Nombre de él(la) investigador(a) | Figura                     | Grado de contribución | Actividades logradas durante el proyecto                                     | Tiempo promedio semanal (en horas) dedicado al proyecto |
|--|--|----------------------------------|----------------------------|-----------------------|--|---|
| Responsabilidad de la dirección del proyecto | Coordinación de la planificación y ejecución de la actividad de investigación. Organizo los roles de cada colaborador. | Juan Manuel Madrid Solorzano     | Director(a) del proyecto   | - Principal           | Todas las actividades fueron alcanzadas acorde con el objetivo del proyecto. | 24 horas  |
| Responsabilidad de supervisi                 | Elaborar la planificación de las actividades de la investigación   | Jorge Luis García Alcaraz        | Supervisor(a) del proyecto | - Principal           | Se alcanzó las metas determinadas en el                                      | 20 horas  |

|   |  |                              |                             |             |   |          |
|---|--|------------------------------|-----------------------------|-------------|---|----------|
| ón                                      | (cronogramas y controles de seguimiento), describe los roles identificados por el director del proyecto y facilita el apoyo constante a todos los roles para conseguir un trabajo integral, coherente y que llegue a buen término.           |                              |                             |             | cronograma de actividades   |          |
| Realización y redacción de la propuesta | Preparación, creación y redacción de la propuesta de investigación, específicamente la redacción, revisión de coherencia del texto, presentación de los datos y la normatividad aplicable para garantizar el cumplimiento de los requisitos. | Juan Manuel Madrid Solorzano | Redactor de la propuesta    | - Principal | La redacción fue completada y actualmente se encuentra en proceso de publicación un libro como resultado. | 16 horas |
| Desarrollo o diseño de la metodología   | Contribuir con el diseño de la metodología, modelos a implementar y el sustento teórico, empírico y científico para la aplicabilidad de los instrumentos en la ejecución del proyecto.   | Jorge Luis García Alcaraz    | Diseñador de la metodología | - De apoyo  | La metodología esta basada en la ISO 14040  | 20 horas |
| Recopilación/recolección de datos e     | Ejecuta las estrategias propuestas en acciones encaminadas a   | Juan Manuel Madrid Solorzano | Recopilador de datos        | - Principal | Acorde con la metodología del análisis bibliométrico  | 20 horas |

|   |  |                              |                             |             |   |          |
|---|--|------------------------------|-----------------------------|-------------|---|----------|
| información   | obtener la información, haciendo la recopilación de datos y la inclusión de la evidencia en el proceso.  |                              |                             |             | , es consiguió los datos para su posterior análisis   |          |
| Elaboración del análisis formal de la investigación                   | Aplicar métodos estadísticos, matemáticos, computacionales, teóricos u otras técnicas formales para analizar o sintetizar los datos del estudio. Verifica los resultados preliminares de cada etapa del análisis, los experimentos implementados y otros productos comprometidos en el proyecto. | Juan Manuel Madrid Solorzano | Analista de datos           | - Principal | El análisis fue completado tal como lo establece la metodología de análisis bibliométrico   | 20 horas |
| Preparación, creación y/o presentación de los productos o entregables | Preparar la redacción del reporté técnico de avance parcial y el reporte técnico final. Se hace la revisión crítica, la recopilación de las observaciones y comentarios del grupo de investigación. Y finalmente se procede a la edición del documento a entregar.                               | Juan Manuel Madrid Solorzano | Editor de reportes técnicos | - Principal | La memoria en extenso se encuentra publica tal como se muestra en los anexos de este documento. Se encuentra en proceso de revisión un libro tal como se evidencia en los anexos de este documento. | 20 horas |

### 11.1.1 Estudiantes participantes en el proyecto

| <b>Nombre de estudiante(s)</b> | <b>Matrícula</b> | <b>Tiempo promedio semanal (en horas) dedicado al proyecto</b> | <b>Actividades logradas en la ejecución del proyecto</b> |
|--------------------------------|------------------|--|--|
| Ámbar Lucia Aldana Rosales     | 189878           | 20 horas   | Revisión de literatura                                   |