



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,
Volumen 8, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6

ESTUDIOS BIBLIOMÉTRICOS EN EL CAMPO DE TRATAMIENTOS PARA *VINAZAS*: UNA REVISIÓN BIBLIOMÉTRICA DE SCOPUS

**BIBLIOMETRIC STUDIES IN THE FIELD OF TREATMENTS
VINASSE: A BIBLIOMETRIC REVIEW OF SCOPUS**

Karen Lizbeth Ángel García

Tecnologico Nacional de Mexico Instituto Tecnológico de Tehuacan - México

Jose Luis Ruan Cervantes

Tecnologico Nacional de Mexico Instituto Tecnológico de Tehuacan - México

Angélica Granados Sánchez

Tecnologico Nacional de Mexico Instituto Tecnológico de Tehuacan - México

Violeta Carpintero Tepole

Tecnologico Nacional de Mexico Instituto Tecnológico de Tehuacan - México

Lucila Juárez Mendoza

Tecnologico Nacional de Mexico Instituto Tecnológico de Tehuacan - México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rem.v8i6.15121

Estudios bibliométricos en el campo de Tratamientos para *vinazas*: Una revisión Bibliométrica de Scopus

Karen Lizbeth Ángel García¹

L20360328@tehuacan.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0000-4946-6993>

Tecnologico Nacional de Mexico
Instituto Tecnologico de Tehuacan
Tehuacan, Puebla, México

Jose Luis Ruan Cervantes

joseluis.rc@tehuacan.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0001-6310-1031>

Tecnologico Nacional de Mexico
Instituto Tecnologico de Tehuacan
Tehuacan, Puebla, México

Angélica Granados Sánchez

angelica.gs@tehuacan.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0005-4878-4486>

Tecnológico Nacional de México / Instituto
Tecnológico de Tehuacán
Tehuacán, Puebla, México.

Violeta Carpintero Tepole

violeta.ct@tehuacan.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9029-3772>

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Tehuacán
Tehuacán, Puebla, México.

Lucila Juárez Mendoza

lucila.jm@tehuacan.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-7823-7951>

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Tehuacán
Tehuacán, Puebla, México

RESUMEN

El propósito del presente escrito es brindar una investigación sobre bibliometría que analice los estudios actuales y el desarrollo sobre los tratamientos aplicados a las finanzas de mezcal de agave. El análisis consiste en la búsqueda de 129 investigaciones recopiladas a través de una ecuación de búsqueda de la base de datos de Scopus, para ello se necesitó del apoyo de dos softwares del alta potencia: Software R Bibliometrix y VOSViewer. En los cuales al introducir la ecuación de búsqueda nos proporcionaron información a través de tablas y gráficas que nos permitieron identificar: autores, países, revistas y organizaciones, a través del análisis de medición, particularidad y de estructura. México es el número uno en investigación de este tema, un autor destacado de este país es el autor Sergio Díaz, brindando grandes aportes en el ramo de la investigación hacia tratamientos efectivos a vinazas. De acuerdo al análisis bibliométrico realizado, se puede enfatizar que en la actualidad no se cuenta con un estudio bibliométrico que englobe detalladamente cada uno de los aportes sobre tratamientos a vinazas.

Palabras clave: vinaza, evaporación, agave, mezcal, tratamiento

Autor principal

Correspondencia: L20360328@tehuacan.tecnm.mx

Bibliometric Studies in the Field of Treatments Vinasse: A Bibliometric Review of Scopus

ABSTRACT

The purpose of this paper is to provide research on bibliometrics that analyzes current studies and development on the treatments applied to the finances of agave mezcal. The analysis consists of the search of 129 investigations collected through a search equation of the Scopus database, for which the support of two high-power softwares was needed: Software R Bibliometrix and VOSViewer. In which, when entering the search equation, they provided us with information through tables and graphs that allowed us to identify: authors, countries, journals and organizations, through the analysis of measurement, particularity and structure. Mexico is number one in research on this topic, a prominent author from this country is the author Sergio Díaz, providing great contributions in the field of research towards effective treatments for vinasse. According to the bibliometric analysis carried out, it can be emphasized that at present there is no bibliometric study that encompasses in detail each of the contributions on treatments to vinasse.

Keywords: vinasse, evaporation, agave, mezcal, treatment

Artículo recibido 17 octubre 2024

Aceptado para publicación: 19 noviembre 2024



INTRODUCCIÓN

El mezcal constituye una bebida alcohólica producida en México que ha recibido la atención considerable por parte de los consumidores nacionales e internacionales este sector genera vinaza de mezcal que se refiere a aguas residuales intrincadas que se caracterizan por una consideración sustancial de materia orgánica, con un valor de PH bajo y compuestos persistentes que incluyen fenoles la eliminación no regulada de esta sustancia en el medio ambiente representa una amenaza importante para la integridad del suelo y los ecosistemas acuáticos los esfuerzos de investigación reciente han avanzado en innovaciones tecnológicas relacionadas con el tratamiento de vinazas de mezcal con el objetivo de identificar los sistemas que muestran el mayor potencial de implementación práctico (Días, 2024).

La producción de tequila en México aumentó 240 % en los últimos cinco años al pasar de 270 a 650 millones de litros (Consejo Regulador del Tequila, 2022). En este país, las exportaciones de tequila representaron 225 millones de litros en 2019, lo que representó un ingreso de 1.9 mil millones de dólares (SIAP 2020). Desafortunadamente, la generación de residuos de esta industria (bagazo de agave y vinaza de tequila) aumenta a un ritmo similar ya que, por cada litro de la bebida, se generan entre 10 y 12 L de vinaza (Arreola-Vargas et al., 2015; Gabriel-Barajas et al., 2022). Esta tasa de generación de residuos intensifica el interés de implementar estrategias adecuadas para el posterior uso o tratamiento de la vinaza, debido a que se sabe que al menos parte de estos residuos se descargan directamente en suelos y cuerpos de agua dañando el medio ambiente (McCulligh et al., 2020; Sánchez-Ureña et al., 2022). (Govea,2024).

Para el tratamiento de estos tipos de vinazas, así como otros similares, se han evaluado diversos tratamientos biológicos y fisicoquímicos a nivel de laboratorio: Retes-Pruneda obtuvo eficiencias de remoción de materia orgánica (MO) del 92,5% para DQO, con un sistema de tratamiento híbrido que consta de una etapa de floculación con alginatos y un tratamiento fúngico; Robles-González et al. alcanzaron eficiencias de remoción del 85% para MO, 83% para fenoles y 32% para compuestos aromáticos con un tratamiento combinado de ozonización y lodos activados. Mientras tanto, para residuos similares a las vinazas de tequila, se han reportado procesos anaeróbicos con eficiencias promedio de remoción de MO que superan el 70% de la DQO afluente. Por lo tanto, este tipo de

procesos tienen el potencial de ser implementados mientras se manejan las vinazas de mezcal para su descontaminación. (Diaz,2024).

En consecuencia, es imperativo demostrar los avances en las implementaciones de metodologías para el tratamiento de las vinazas de mezcal; por lo tanto, el objetivo de este artículo es proporcionar un análisis biométrico de las diversas estrategias de tratamiento empleadas para el manejo de la vinaza de mezcal además de examinar las innumerables aplicaciones que han surgido de estas metodologías.

Este documento está organizado de la siguiente manera: en la sección marco teórico se realizó una revisión exhaustiva de la literatura, que se basa en los artículos adquiridos a través del algoritmo de búsqueda SCOPUS teniendo en cuenta los modelos de adopción empleados por varios académicos, del mismo modo en la sección metodológica utilizada se proporcionó una exposición detallada que en este caso es la bibliometría, en una penúltima sección se articulan los resultados y hallazgos más significativos y finalmente en la sección de conclusiones así como los documentos adjuntos.

Revisión De Literatura

En base al análisis de autores, la vinaza sin tratamiento se desecha comúnmente por riego directo en el campo o descarga directa en cuerpos acuáticos; mientras que las tecnologías utilizadas para el tratamiento de la vinaza incluyen lodos activados y digestión anaerobia con recuperación de metano. Sin embargo, los autores no analizaron el alcance de estas prácticas ni la influencia del tamaño de las fábricas de tequila en estas prácticas. Es probable que las prácticas de tratamiento y eliminación de la vinaza estén determinadas por el tamaño de la fábrica, y conocer esta información es relevante para desarrollar estrategias para gestionarlas. (Zurita,2022)

Así mismo Zurita et al. (2022), nos habla acerca de la vinaza considerada como uno de los efluentes industriales más difíciles de tratar (al igual que otros efluentes de destilería) debido a sus características fisicoquímicas, como las altas concentraciones de materia orgánica medidas como demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), altas concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos disueltos totales (TDS), valores de pH ácido, altos valores de conductividad, altas concentraciones de grasas y aceites, Ca²⁺+Mg²⁺ y K. El alto DQO y DBO₅. Los valores se deben a la presencia de diferentes compuestos orgánicos, como polisacáridos, azúcares reducidos, lignina, proteínas, melanoidina, ceras, etc. Para que el tratamiento de la vinaza sea adecuado

y cumpla con la normatividad mexicana, se requiere una combinación de diferentes procesos en muchas etapas, lo que la hace costosa en general.

De acuerdo con los estudios que se tienen hasta el momento, también es importante mencionar a autores como Mendiola y Ricárdez. (2022) los cuales proponen en su estudio un enfoque utilizando un algoritmo de modelo actor-crítico llamado Gradiente de Política Determinista Profundo (DDPG) para un sistema de digestión anaeróbica de una sola etapa y otro de dos etapas para manejar las vinazas de Tequila. Para explorar la viabilidad de este algoritmo, se investigan varios escenarios esperados durante la operación.

A su vez Diaz et al. (2021), presenta un estudio enfocado a la aclimatación del inóculo mediante un proceso de fermentación oscura, en presencia de compuestos tóxicos provenientes de las vinazas de mezcal. Se aplicó la estrategia de aumentar la concentración inicial de vinaza en cada ciclo de tratamiento en un reactor de secuenciación discontinua (SBR). Se logró obtener una producción máxima de biogás de 984 ± 187 mL/L, a partir de vinazas (18.367 ± 1.200 mg DQO/L).

Por otra parte, Sánchez et al. (2017), nos muestra en su investigación que la digestión anaerobia ha demostrado ser un método con ventajas tecnológicas y económicas para tratar este residuo de vinazas y generar bioenergía al mismo tiempo. Sin embargo, una lenta adaptación del consorcio microbiano contenido en el inóculo (lodo activado) al sustrato (Vinazas de mezcal) es muy importante para mejorar la eficiencia de la producción de biogás y metano, así como la reducción de materia orgánica.

Marino et al. (2015), nos muestran su trabajo de investigación en donde se evaluó la producción de butanol a partir de vinaza fina por *Clostridium pasteurianum* DSM 525. A valores de pH iniciales que oscilaron entre 5,0 y 7,0 C. *pasteurianum* DSM 525 produjo 6,2-7,2 g/L de butanol en donde utilizando glicerol en vinaza fina como principal fuente de carbono, con rendimientos de 0,32-0,44 g de butanol producido/g de glicerol consumido, que son superiores a los rendimientos informados anteriormente (por ejemplo, 0,14-0,31 g de butanol/g glicerol, Biebl, 2001). El ácido láctico en la vinaza delgada actuó como un agente amortiguador, manteniendo el pH del medio dentro de un rango de 5.7-6.1. También se utilizó ácido láctico junto con glicerol, mejorando la producción de butanol (6,5 g/L de butanol frente a 8,7 g/L de butanol con 0 y 16 g/L de ácido láctico, respectivamente). Estos resultados

demuestran la viabilidad de una producción rentable de butanol utilizando vinaza delgada como medio que contiene nutrientes con capacidad de amortiguación del pH.

En síntesis, después de analizar el estado del arte sobre los principales hallazgos sobre los tratamientos adoptados para las vinazas y las futuras líneas de investigación Tabla 2, se puede postular que el fundamento teórico que sustenta esta revisión de la literatura se sintetizan nociones fundamentales derivadas de las principales teorías relacionadas con la adopción de innovaciones en relación con las vinazas, tal como se describe en la tabla uno dado que cada marco teórico pues eso limitaciones inherentes el objetivo es fusionar estas teorías para formular una postura teórica integral además de facilitar el análisis la codificación y la evolución del marco conceptual.

Tabla 1- Teorías de adopción de innovaciones en tratamientos para vinazas

AUTOR	APLICACIÓN	TRATAMIENTO
Diaz et al. (2024)	La ozonización representa un potencial significativo como metodología de tratamiento preliminar, ya que logra la eliminación de más del 80% de los compuestos fenólicos. Ciertos sistemas híbridos son capaces de eliminar más del 90% de la demanda química de oxígeno (DQO). Sin embargo, estas modalidades de tratamientos no abarcan los principios de asociados a una economía circular.	Tratamientos fúngicos, sistemas anaeróbicos, sistemas de floculación y ozonización, y algunos sistemas híbridos que combinan un tratamiento biológico y otro físico.
Diaz et al. (2024)	Producir biogás rico en hidrógeno (del 31 al 72% de H ₂ de la composición total del gas producido) como fuente de energía alternativa.	Biohidrógeno, ácidos grasos volátiles y biometano de las vinazas de mezcal: una evaluación del proceso de fermentación oscura.
Santiago et al. (2023)	Conversión de azúcares residuales provenientes de la recuperación de vinazas a partir	Las aguas residuales de la industria tequilera podrían revalorizarse para producir 5-HMF y compuestos

	de resinas de intercambio iónico a pH 2.4 y 7.0 a 5– Hidroximetilfurfural (5–HMF) y compuestos fenólicos, aplicando un tratamiento térmico y utilizando peróxido de hidrógeno.	fenólicos utilizando resinas de intercambio iónico (FPX66 y SD2) para concentrar a partir de vinazas debido a su alta afinidad por los azúcares residuales. La modificación del pH en las vinazas mejoró el aumento de 5-HMF 12 veces su concentración inicial (494,87 mg/L).
Ferrer et al. (2021)	Procesos de oxidación avanzada para el tratamiento de vinazas de Agave cocui.	La comodidad del proceso foto-Fenton se ve reforzada por el uso de la irradiación de la luz solar como fuente de energía, cumpliendo con los principios de la economía circular, es decir, podría ser una alternativa sostenible para el tratamiento de aguas residuales de vinazas.
Molina et al. (2020)	Estimación espectrofotométrica del contenido fenólico total y capacidad antioxidante de melaza y vinaza generadas a partir de la industria de la caña de azúcar.	El contenido fenólico total (TPC) de las muestras se determinó mediante un método espectrofotométrico y se expresó en mg equivalentes de ácido gálico. La capacidad antioxidante de cada muestra se determinó por los métodos DPPH (radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) y ABTS (ácido 2,2-azino-bis-[3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico]), así como el poder reductor férrico en el ensayo FRAP (Ferric-reducing Antioxidant Power).

Fuente: Elaboración Propia con la base de Scopus.

Tabla 2- Futuras líneas de investigación de innovaciones en tratamientos para vinazas y palabras clave.

AUTOR	FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN	PALABRAS CLAVE
Diaz et al. (2024)	Por lo tanto, los estudios de digestión anaeróbica con vinazas de mezcal también deben enfocarse en poder trabajar con concentraciones más altas, para lo cual se requiere una aclimatación de la biomasa del reactor a sustancias recalcitrantes, presentes en las vinazas de mezcal, como fenoles y furfurales. Los procesos fisicoquímicos de floculación y ozonización mostraron bajas eficiencias de remoción de DQO entre 10 y 39 %, siendo las tecnologías menos eficientes.	Vinazas de mezcal, tratamiento de biorrefinería de vinazas, revalorización de aguas residuales agroindustriales, tratamiento híbrido de vinazas, tratamiento biológico de vinazas.
Diaz et al. (2024)	El RT emergió como el parámetro más significativo para la composición del biogás determinando la presencia o ausencia de microorganismos consumidores de biohidrógeno y formadores de biometano. El OL se reveló como el parámetro más importante para el rendimiento de biohidrógeno.	mezcal, vinazas; revalorización de vinazas; fermentación oscura; biogás;
Santiago et al. (2023)	Los ácidos cafeicos, ferúlico, sináptico y salicílico mostraron su mayor aumento utilizando la resina FPX66 a un pH de 7,0. Para el ácido 3-hidroxibenzoico, vanílico, siríngico y 2,4-di-terc-butilfenol, el mayor aumento se produjo en las muestras de sorbidas por resinas SD2 a un pH de 7,0. El uso de los residuos como materia prima aumenta la posibilidad de reducir el impacto ambiental de los grandes volúmenes de residuos de la industria tequilera.	5-HMF, Furanos, Resinas de intercambio iónico, Compuestos fenólicos, Tratamiento térmico, Vinazas
Ferrer et al. (2021)	Las variables evaluadas mostraron valores óptimos, proporcionando un porcentaje máximo de remoción en los rangos estudiados experimentalmente. Los resultados demostraron que, en condiciones óptimas, la cantidad de lodo residual es similar a la menor cantidad producida en la región experimental.	aguas residuales; Reacción de Fenton; procesos sostenibles; Energías alternativas

Molina et al. (2020) Estos resultados podrían promover el contenido fenólico aprovechamiento integral de un recurso natural de total y capacidad alto interés comercial como lo es la caña de azúcar. antioxidante de Además, el hallazgo de moléculas biológicamente melaza y vinaza activas en este tipo de subproductos apunta hacia la idea de que dichos subproductos podrían aplicarse, en el futuro, como agentes activos contra la oxidación de biomoléculas.

Fuente: Elaboración Propia con la base de Scopus.

METODOLOGÍA

Esta investigación se basó en un análisis biométrico que empleó una fórmula de búsqueda dentro de la base de datos de SCOPUS con relación a los numerosos Marcos para la aplicación de los tratamientos de vinaza. Así mismo un análisis biométrico constituye a un examen cuantitativo de la producción bibliográfica dentro de un dominio específico del conocimiento, en este caso el relacionado con vinazas que utilizan metodologías estadísticas y matemáticas para discernir los patrones y tendencias de la producción académica. En el caso del tratamiento de las Vinazas, permitiendo conocer los estudios que se han ido desarrollando como avances tecnológico-actuales en el tratamiento de las vinazas de mezcal e identificar los sistemas con mayor potencial para su aplicación. (Diaz,2024).

Para poder concentrar la información de manera detallada a partir de la ecuación de búsqueda se redactó en Excel una tabla clasificada desde Autores, Título de paper, Objetivos, Planteamiento del problema, Teoría o referencia base, Secciones de revisión de literatura, Importancia de la aplicación a tratamientos de las vinazas, Palabras clave, Metodología aplicada, Resultados, Futuras líneas de Investigación, Conclusiones, Aportación a la ciencia, Doi, hasta llegar a Referencias APA7. De esta manera se pudo concentrar la información de cada uno de los 129 Artículos, de los cuales se procedió a clasificarlos en los primeros 14 artículos más recientes, seguidos de los 5 artículos más citados, en Figura 1 se muestra, una parte del Excel de cómo se clasificó esta información, cabe destacar que en algunos paper no era posible acceder a la información por ende se subrayó con color Rojo, los 14 primeros en verde limón son los más recientes y los 5 que están en color verde bandera son los más citados.

Figura 1- Clasificación de información relevante de cada artículo en Excel

No. Paper	Autores (res) APA	Título del paper	Objetivos	Planteamiento del problema	Teoría o referencia base
1	Díaz et al., (2024)	Tratamiento de vinazas d	El presente estudio busco	Cuando las vinazas se vierten en cuerpo	Doi
2	Govea et al., (2024)	Producción simultánea c	El objetivo de este estudio	la tasa de generación de residuos intensi	Doi
3	Díaz et al., (2024)	Biohidrógeno, ácidos gra	producir biogás rico en hi	El mezcal es una bebida hecha en Méxic	Doi
4	Santiago et al., (2023)	Conversión de azúcares r	El objetivo principal de esti	Las vinazas son aguas residuales obtenid	Doi
5	Mendiola y Ricardez., (202	Control robusto para sist	Este estudio tuvo como obj	A medida que la población mundial aume	Doi
6	Zurita et al., (2022)	Generación de vinazas de	El objetivo de este estudio	Los problemas de eliminación y tratamie	Doi
7	Zamarreño et al., (2022)	Las vinazas de caña conti	Se analizo las principales h	Actualmente, se emplean altas dosis de	Doi
8	Díaz et al., (2021)	Aclimatación de microor	Se estudio la aclimatación	El mezcal es una bebida alcohólica obtie	Doi
9	Ferrer et al., (2021)	Una doble perspectiva (c	en este estudio se evalúa l	La producción de pecayero de Cocuy ge	Doi
10	Tai, M., & Tai, Y. (2021).				Doi
11	López et al., (2020)	EFFECTO DE LA FUENTE D	El presente trabajo muestr	Las vinazas son un residuo muy perjudici	Doi
12	López et al., (2019)	ADAPTACIÓN DE INÓCULO	El objetivo de este trabajo	La digestión anaerobia ha demostrado se	Doi
13	Sanchez et al., (2017)	Presencia y diversidad de	El objetivo de esta investig	El riego de suelos cultivables con aguas r	Doi
14	Marino et al., (2015)	Producción de butanol a pe	demostrar la viabilidad de	La producción mundial de etanol, uno de	Doi
15	Molina et al., (2020)	Estimación espectrofotom	El presente estudio tuvo co	La producción actual implica la generaci	Doi
16	Rodríguez et al., (2020)	Producción de 2-feniletanc	Los objetivos del presente	El tequila es el destilado mexicano más r	Doi
17	Moran et al., (2017)	CO-DIGESTIÓN DE BAGAZ	El objetivo de este trabajo	Las vinazas son aguas residuales resultan	Doi
18	Gamboa et al., (2012)	Producción de metano mec	Las vinazas o vinazas son n	Las vinazas o vinazas son materiales de	Doi
19	Chavez et al., (2006)	Manipulación de la liberac	El objetivo de este estudio	Se sabe que la producción intensiva de h	Doi

Fuente: Elaboración Propia con la base de Scopus.

Se utilizó el software Bibliometrix R, el cual es una herramienta innovadora que muestra a detalle la particularidad de la ecuación de búsqueda en Scopus mostrando: autores más relevantes, ley de Lotka, países más citados entre otras cosas más, y también se hizo uso de la aplicación VOSViewer en donde se empleó a demás para generar representaciones bibliográficas, cabe mencionar que previo a la ejecución se instaló el programa Java.

Es notable que para la implementación de Bibliometrix se utilizó el lenguaje R con el fin de simplificar su interconexión con otros paquetes R. La interfaz presenta una forma ordenada, de análisis en forma de tablas y diagramas que representa entre otras cosas fuentes, autores, documentos, estructura conceptual, estructura intelectual y estructura social. Surgen varios diagramas y tablas que pueden ser exportadas a Pajek, HTML, o a Excel o pdf (Moral-Muñoz et. al, 2020).

A cumplir el objetivo, Se obtuvo una base de datos en SCOPUS del tema “VINASSES”. Se obtuvo un total de 129 documentos que van desde 2006 a 2024. Bibliometrix R fue una poderosa herramienta que contribuyo en el procesamiento de los metadatos, logrando así el análisis de autores, revistas, co-citaciones y artículos. Así mismo, se obtuvieron las tablas y figuras de cantidad, de calidad y de estructura (Hasper et al., 2017).

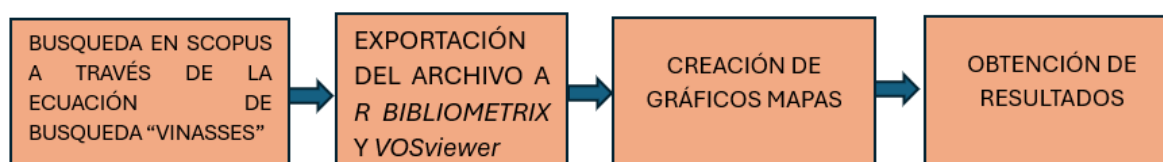
Tabla 3- Proceso de búsqueda y análisis de datos en cuatro etapas

<i>Ecuación de búsqueda</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Resultados</i>
<i>“Vinasses” and “Treatment”</i>	SCOPUS	129

Fuente: Elaboración Propia con la base de Scopus.

La figura 2 ilustra la metodología empleada en la recuperación y el examen de los datos dividido en cuatro fases distintas la fase inicial implica la adquisición de los datos que se extrajeron de las plataformas copos en los formatos CSV y BIB, posteriormente se utilizó el software y revivió métricas para un análisis más detallado; Se crearon gráficos y finalmente se obtuvieron los resultados.

Figura 2- Proceso de búsqueda y análisis de datos en cuatro etapas.



Fuente: Elaboración Propia.

RESULTADOS

Software de R estudio bibliometrix

De acuerdo con Herruda et al. (2022) Bibliometrix fue lanzado en 2017 por el Dr. Massimo Aria (Universidad de Nápoles Federico II) y el Dr. Corrado Cuccurullo (Universidad de Campania Luigi Vanvitelli). Es un paquete que debe utilizarse dentro del entorno de software R. R es tanto un lenguaje de programación como un entorno libre para la computación estadística, Bibliometrix es una herramienta integral de análisis de mapas que admite tres fases del proceso de análisis bibliométrico: importación y conversión de datos a formato R; el análisis bibliométrico de un conjunto de datos y la construcción de matrices. Las matrices son personalizables y permiten el mapeo en gran resolución, siendo datos de entrada para realizar análisis de red, análisis de correspondencias múltiples y muchas otras técnicas de reducción de datos, incluida la visualización de dominios.

Después de obtenida la base a partir de la ecuación en SCOPUS con las palabras “Vinasses” and “Treatment”, se procedió a ejecutar la ecuación de búsqueda primeramente en el software de R estudio bibliometrix, en donde obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se detallarán a continuación:

Es imperativo reconocer qué se delinearán tres características distintas de indicadores biométricos: indicadores cuantitativos, indicadores de impacto bibliométrica y en la última instancia análisis estructurales biométricos, la categoría inicial evalúa la producción académica de un investigador individual o de un colectivo de investigadores la categoría posterior evalúa el calibre de una revista académica y por último los análisis estructurales analizan las interconexiones entre los autores las palabras clave en las publicaciones que se detallan en la siguiente secciones.

Indicadores Bibliométricos

La primer Tabla de información que nos arroja al ejecutar la ecuación de búsqueda en el programa R estudio Bibliometrix es la siguiente Tabla 4, en donde nos muestra a detalle la cantidad de documentos en la base de SCOPUS, en lo particular nos muestra un total de 129 documentos, y se muestra una clasificación de los Metadatos, Descripción, Recuentos Faltantes, el % Faltante, y el Estado. Así mismo esta tabla nos muestra información la cual se interpreta de la siguiente manera:

Metadatos completos: Los elementos como el resumen (AB), la afiliación (C1), el idioma (LA), y el título (TI) tienen una integridad excelente, ya que no faltan datos en ninguno de los 129 documentos.

Datos parcialmente completos: En el caso del DOI (DI) y las palabras clave (DE), faltan en un porcentaje moderado de documentos, lo que las clasifica como "Aceptable".

Datos deficientes: Las palabras clave Plus (IDENTIFICACIÓN) tienen datos faltantes en el 20.93% de los documentos, lo que las sitúa en un estado "Pobre".

El campo Autor para correspondencia (RP) también tiene una integridad baja, con el 22.48% faltante.

Datos ausentes: Las categorías de ciencias (WC) están completamente ausentes en todos los documentos (129 faltantes, 100%), lo que las coloca como "Completamente desaparecido".

Tabla 4- Integridad de los metadatos.

Metadata	Description	Missing Counts	Missing %	Status
AB	Abstract	0	0.00	Excellent
C1	Affiliation	0	0.00	Excellent
AU	Author	0	0.00	Excellent
DT	Document Type	0	0.00	Excellent
SO	Journal	0	0.00	Excellent
LA	Language	0	0.00	Excellent
PY	Publication Year	0	0.00	Excellent
TI	Title	0	0.00	Excellent
TC	Total Citation	0	0.00	Excellent
CR	Cited References	9	6.98	Good
DI	DOI	15	11.63	Acceptable
DE	Keywords	18	13.95	Acceptable
ID	Keywords Plus	27	20.93	Poor
RP	Corresponding Author	29	22.48	Poor
WC	Science Categories	129	100.00	Completely missing

Fuente: Elaboración propia a partir de Bibliometrix R-package.

Posterior a ello en el apartado de lado Izquierdo del programa R Bibliometrix muestra una barra de iconos en el cuarto icono que es Visión general, en donde nos despliega tres apartados, el primero es información principal Figura 3, en donde nos mostró un análisis de intervalo de tiempo 1964 a 2024, el total de fuentes que son 83, los documentos emitidos que son 129, la tasa de crecimientos anual al 3.03%, los autores que son 425, autores de un solo documentos que son 3, la coautoría internacional con el 16.28%, los coautores por documento que son 4.45, las palabras clave del autor que son 396 palabras, muestra 4171 referencias, la edad media de los documentos que es el 11.6, y el promedio de citas por documentos son del 19.22.

Figura 3- Información principal



Fuente: Elaboración Propia a partir de Bibliometrix R-package.

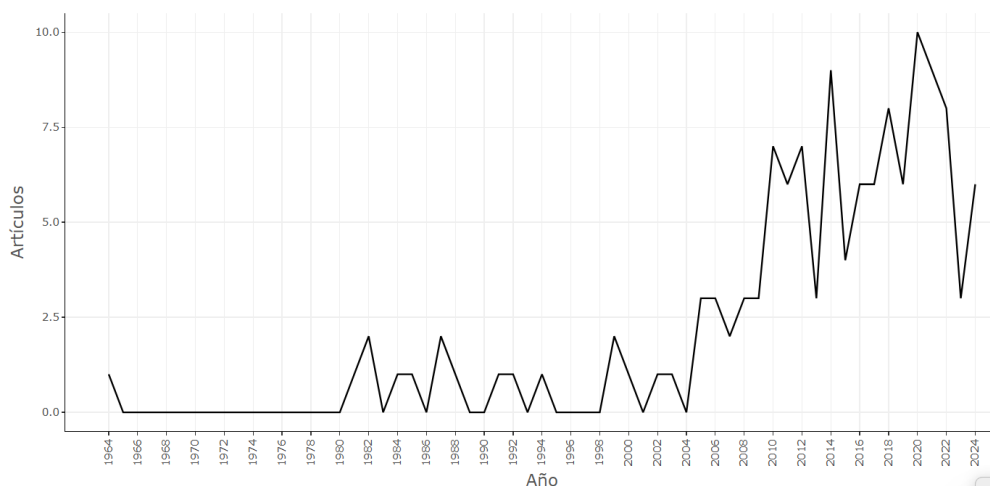
Continuando con el siguiente apartado, está la producción científica, la cual muestra el resultado de la investigación científica, que se documenta y divulga para enriquecer la ciencia y la humanidad,

estableciendo la medición de indicadores sobre la influencia de indicadores de las revistas científicas a través del número de citas.

Se interpreta que en los años 1964-2000 presentaron baja actividad de investigación, durante este periodo las publicaciones fueron muy escasas. Lo cual indica un bajo interés sobre el tema analizado durante esas décadas. En los años 2000-2010 presentaron un incremento gradual, se enfatiza que en el año 2000 se presenta un leve aumento en el número de publicaciones. Ya para los años 2010-2024 represento una expansión significativa, y que desde 2010 tuvo un crecimiento más notable, con años que rebasan los 5 artículos de investigación por año. En algunos años recientes, se alcanza el pico máximo de 10 artículos (alrededor de 2017-2018). Este aumento sugiere que el tema se ha vuelto mucho más relevante, posiblemente debido a avances tecnológicos o interés científico relacionado. Y por último para el año actual 2024 representa una ligera disminución, lo que significa que el número de publicaciones parece haber disminuido, esto posiblemente se deba a que los datos para este año aun no pueden estar completos.

Así mismo muestra los años en los cuales parte la ecuación de búsqueda que es de 1964 a 2024 en el eje de las abscisas, y el eje de las ordenadas muestra el número de artículos, Figura 4. La gráfica muestra un aumento exponencial en las publicaciones científicas, especialmente a partir del año 2000, alcanzando su punto máximo entre 2016-2018. Esto sugiere que el tema analizado ha ganado relevancia en las últimas décadas, pasando de ser poco estudiado a convertirse en un campo con una producción científica considerable.

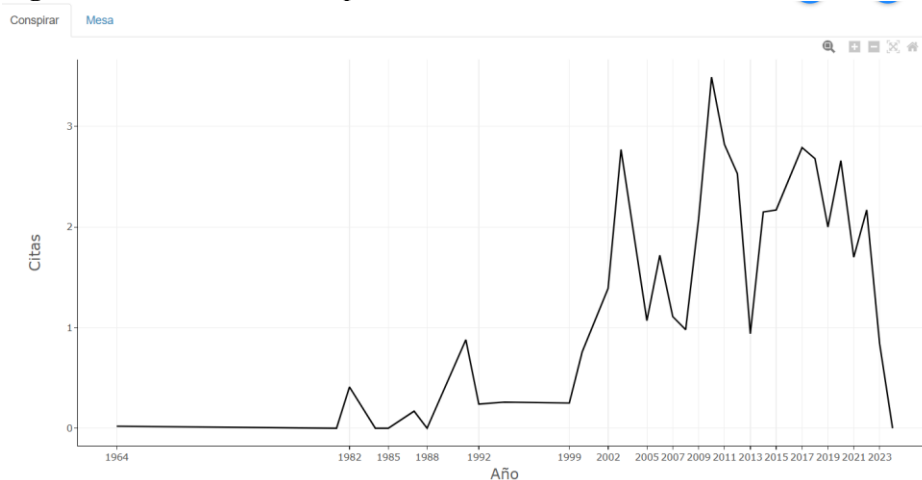
Figura 4- Producción Científica Anual



Fuente: Elaboración Propia a partir de Bibliometrix R-package

El siguiente apartado es el promedio de citas por año en las cuales a través de un gráfico detallan el número de citas en el eje de las ordenadas, de acuerdo con el año de 1982 a 2023 en el eje e las abscisas, en este gráfico se puede apreciar que los años 2003 y 2010, tienen el mayor número de citas, Figura 5. Las observaciones especifican muestran que antes de 1992, hay un periodo con un número bajo o nulo de citas, a partir de 2000, muestra tener una tendencia mas consistente en la actividad, con fluctuaciones significativas en el número de citas por año, y para el final del periodo 2023, se denota una notable disminución en el número de citas.

Figura 5- Promedio de citas por año



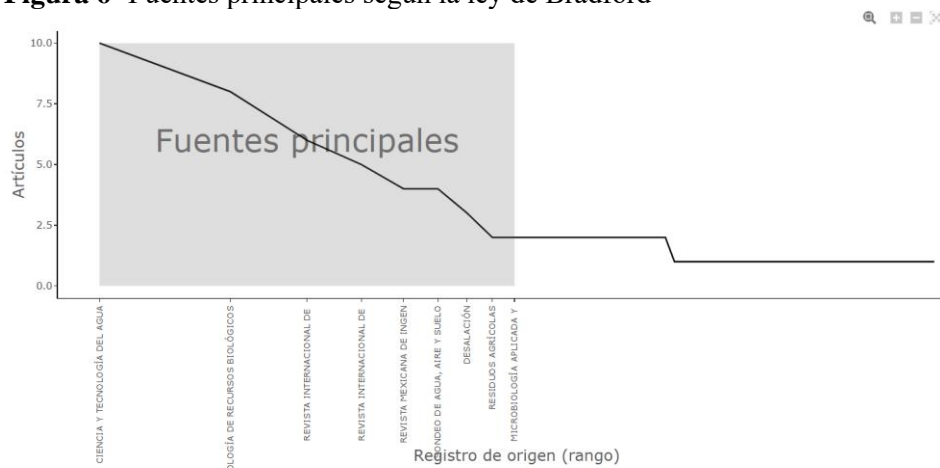
Fuente: Elaboración Propia a partir de Bibliometrix R-package

Se hace mención del apartado de las Fuentes principales según la ley de Bradford la cual es la descripción de una relación cuantitativa entre las revistas y los artículos científicos contenidos en una bibliografía de un tema en específico en lo particular enfoque de tratamientos a vinazas, en donde a través de un gráfico detallan el registro de origen en el eje de las accisas, es decir de donde proviene la información, y en el eje de las ordenadas la cantidad de artículos, Figura 6.

En otras palabras en la gráfica respecto al eje x horizontal muestra un rango de diferentes fuentes o registros de origen como revistas o publicaciones cuyos nombres están indicados en el texto de la parte inferior, y en el eje vertical representa la cantidad de artículos asociados a cada fuente las tendencias generales que nos muestra es que la gráfica parece tener una tendencia descendente lo que indica que las primeras fuentes del eje x tienen mayor número de artículos publicados mientras que las siguientes tienen menos.

La disminución parece ser gradual con algunos puntos donde el número de artículos permanece constante cabe enfatizar que en la región sombreada nos muestra las fuentes principales el área sombreada probablemente resalta las fuentes más importantes es decir aquellas que contribuyen con la mayor cantidad de artículos estas fuentes están en la parte inicial del eje x indicando que son las fuentes más influyentes o relevantes en el conjunto de edad.

Figura 6- Fuentes principales según la ley de Bradford



Fuente: Elaboración Propia a partir de Bibliometrix R-package

Así mismo en otro apartado denominado Autores, esta la parte de la ley de Lotka, que expresa la relación de cuantitativa entre los autores y los artículos científicos producidos en un espacio y en un periodo de tiempo establecido, en otras palabras, es la ley de cuantificación bibliométrica basada en una distribución de probabilidades que describen la productividad de los autores. En la Figura 7 muestra en el eje de las abscisas el número de documentos redactados y en el eje de las ordenadas muestra el % de Autores.

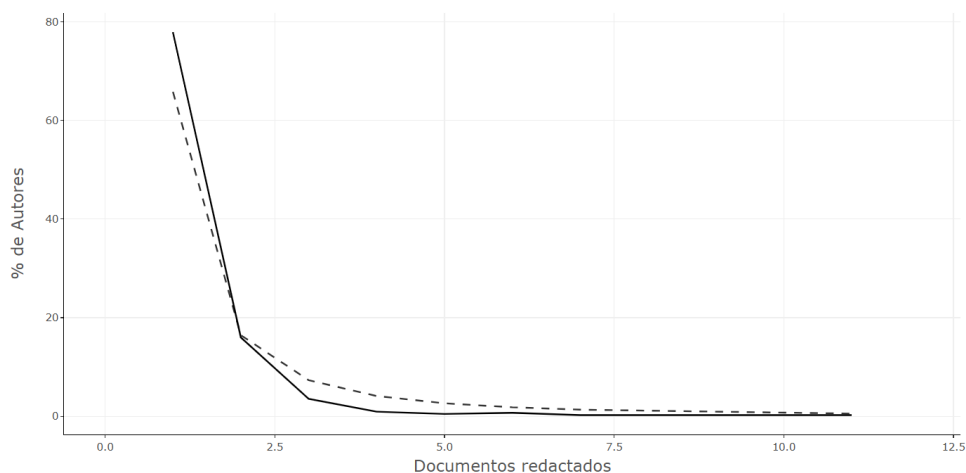
En otras palabras, esta gráfica representa la productividad de los autores siguiendo la ley de Lotka la cual describe la relación entre el número de autores y su productividad científica es decir en el eje X (horizontal) representa la cantidad de documentos redactados por los autores su productividad que va de 0 a más de 12 documentos y en el eje Y (vertical) indica el porcentaje de autores que han producido un determinado número de documentos que va desde 0 a 80%.

Con respecto al comportamiento de la curva: La alta concentración inicia con un porcentaje alto de autores aproximadamente del 80% que han escrito pocos documentos (cerca del uno o 2), esto refleja que la mayoría de los autores tiene una baja productividad.

Con respecto a la disminución rápida a medida que aumenta el número de documentos redactados hacia la derecha del eje X el porcentaje de autores disminuye drásticamente lo cual significa que son pocos los autores que han producido muchos documentos.

Y por último con respecto a la estabilización para los valores mayores de 7-10 documentos el porcentaje de autores se vuelve casi nulo indicando que es extremadamente raro encontrar autores con una productividad tan alta. Interpretando de una manera general la ley de Lotka establece que la productividad de los autores sigue una distribución inversa unos pocos autores son responsables de la mayor parte de la producción científica mientras que la mayoría contribuye con pocos artículos esta gráfica se confirma esa tendencia pocos autores son muy productivos mientras que la mayoría han producido sólo uno o 2 documentos.

Figura 7- Productividad del autor a través de la Ley de Lotka



Fuente: Elaboración Propia a partir de Bibliometrix R-package

Software de VOSviewer

De acuerdo con Herruda et al. (2022) VOSviewer fue lanzado en 2010 por Nees Jan van Eck y Ludo Waltman (Universidad de Leiden). VOSviewer es una herramienta de software para crear y explorar mapas basados en datos de red. Aunque está destinado principalmente al análisis de expedientes académicos, puede utilizarse en cualquier tipo de datos de red (redes sociales, por ejemplo). VOSviewer explora los vínculos de coautoría, coocurrencia, citación, acoplamiento bibliográfico y cocitación en una de las tres representaciones posibles: visualización de red, superposición o densidad.

Para la elaboración de la Figura 8 se utilizó el software VOSViewer, que principalmente destaca las palabras claves más relevantes de los documentos iniciales que integran la base de datos. Las palabras

más relevantes las agrupa en círculos grandes y los de menor concurrencia los representa en bloques más pequeños.

Expresado en otras palabras dicha figura nos muestra la relación de las palabras clave con la co-ocurrencia, se puede denotar a simple vista círculos o burbujas a los cuales se les denomina nodos, así mismo con la unión ente ellos representado con líneas y las agrupaciones por colores diferentes. Los denominados Nodos nos muestra las palabras clave mas utilizadas en los artículos. En este caso la palabra “Vinasses” muestra que es la mas utilizada en los artículos, debido a que es la palabra matriz de este estudio.

Así mismo se denota que las palabras “Tequila Vinasses”, “Anaerobic Digestion”, son las que prosiguen con nodos de tamaño mediano, seguidos de los nodos mas pequeños con las palabras “Agave”, “Biogas”, “Tequila y Vinasse”, “Mezcal Vinasse”, entre otras más, lo que nos demuestra la gran conexión de unas palabras con relación a otras, creando una unión global en un mismo enfoque del tema.

Las agrupaciones por colores indican las agrupaciones (clusters) de términos que están estrechamente relacionados entre sí, identificados mediante algoritmos de agrupamiento de redes.

Verde: El clúster verde podría relacionarse con la valorización de vinazas (producción de compuestos útiles).

Rojo: Asociado a términos como "tequila vinasses" y procesos específicos como "dark fermentation." En otras palabras, indica lo relacionado con las vinazas de tequila y su tratamiento para generar energía renovable o subproductos valiosos mediante procesos biotecnológicos.

Azul: Vinculado a términos relacionados con el "agave," "tequila," y el manejo de aguas residuales. En otras palabras, este grupo conecta términos relacionados con la producción de tequila (agave y stillage) y su impacto ambiental (wastewater), junto con los métodos de tratamiento para mitigar estos problemas.

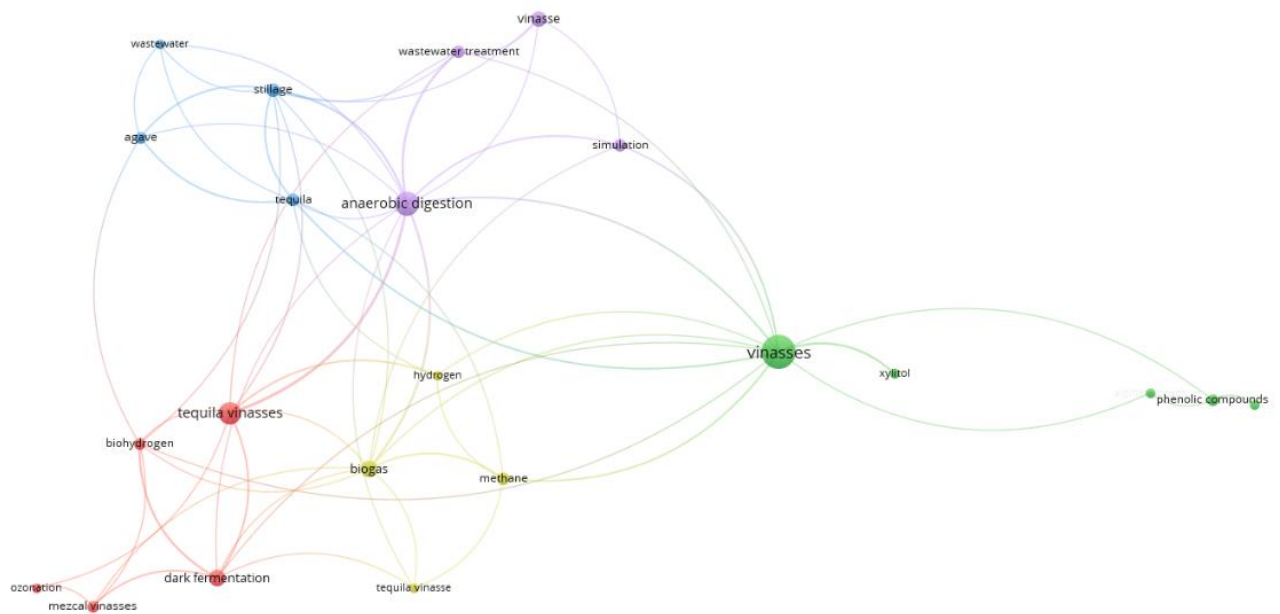
Las conexiones sugieren que las vinazas y el stillage son residuos líquidos importantes en esta industria, y se están estudiando formas de tratarlos y reutilizarlos.

Púrpura: Enfocado en "Anaerobic digestion" y tratamientos relacionados. En otras palabras, la Digestión anaeróbica actúa como el tema central, conectando términos relacionados con el tratamiento

de vinazas (como wastewater treatment) y la optimización de procesos (simulation). Las conexiones sugieren que este grupo aborda principalmente cómo utilizar procesos biológicos avanzados para transformar residuos orgánicos en productos útiles mientras se reducen contaminantes.

Demostrando así, como las palabras clave relacionadas con IA, se interconectan en distintos subcampos de investigación, destacando las tendencias actuales de la combinación de la IA con telemedicina, aprendizaje profundo, realidad aumentada y datos masivos, lo que refleja la diversificación y expansión en este campo.

Figura 8- Red de concurrencia de palabras clave.



Fuente: Elaboración Propia a partir de Vosviewer.

CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio fue realizar un análisis biométrico que permitiera evaluar los marcos tecnológicos asociados con la adopción de tratamientos aplicados a la amenaza de mezcal. Esto permitió identificar las principales fuentes de contribución a tratamientos de las Vinazas, en donde para este análisis se utilizó una base de datos de SCOPUS y resultaron 129 documentos, observando de una manera minuciosa toda la información extensa que nos presenta cada autor y clasificándola, Así mismo se pudo observar los diferentes tratamientos que se les ha aplicado a las Vinazas, conocer que México

es el país con mas estudios de investigación sobre Vinazas, que el autor Diaz et al. (2024) es uno de los autores más destacados en el enfoque de este ámbito.

Con respecto al software R estudio Bibliometrix es uno los software más innovadores en el cual fue posible a través de Figuras y Gráficas, demostrar la información clasificada de autores, años, países mas destacados con respecto al tema de Investigación de tratamientos de vinazas, así mismo la ley Lotkca en la cual describe la relación cuantitativa entre los autores y los artículos producidos en un campo dado y en un periodo de tiempo por medio de una gráfica, y la ley de Bradford que establece el ordenamiento de manera decreciente de publicaciones sobre un determinado tema en nuestro caso los tratamientos en vinazas, identificando tres zonas: un núcleo con un número reducido de revistas altamente productivas sobre ese tema, un segundo grupo con mayor número de revistas moderadamente productivas y una amplia zona periférica de fuentes marginales muy poco productivas.

Por otra parte, el software de VOSviewer fue de gran apoyo ya que, por sus características propias, nos ayudó en la parte de la visualización y construcción de redes bibliométricas, gracias a esta poderosa herramienta se logró crear mapas basados en datos de redes como: revistas, investigaciones, publicaciones, hallazgos, organizaciones de investigación, países, palabras clave.

De esta forma garantizamos de manera minuciosa y detalladamente, una bibliometría aplicada en un enfoque de investigación sobre un tema en específico en nuestro caso toda la investigación que se tiene desde el año 2006 hasta lo mas actual en 2024, demostrando la aportación de cada autor, y sus futuras líneas de investigación. Logrando adquirir conocimientos a través de las tablas, figuras e imágenes, en las cuales detallan información relevante sobre el tema.

Investigación futura

De acuerdo con toda la información proporcionada a partir de la base de datos de SCOPUS, y después de conocer cada futura línea de investigación de cada Autor en cada Paper, se puede establecer que, en el campo de análisis fisicoquímicos y química proximal, se deberían realizar más investigación sobre tratamientos para Vinazas cuyo enfoque entre dentro de una economía circular sostenible y sustentable, cabe destacar que el Autor Diaz et al. (2024), que entra de acuerdo a la clasificación de los autores mas recientes y mas citados, se enfoca más a tratamientos de floculación y ozonización, y algunos sistemas híbridos que combinan un tratamiento biológico y otro fisico. Pero en ningún artículo se enfoca a

tratamientos de Vinaza como alimento funcional, este tema se podría abordar para futuras líneas de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Díaz-Barajas, S., Moreno-Andrade, I., & Garzón-Zúñiga, M. A. (2024). Mezcal vinasses treatment: review of assessed processes. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 15(2). DOI: 10.24850/j-tyca-15-02-04
- Govea-Paz, Y., Arellano-García, L., & Aguilar-Juárez, Ó. (2024). Producción simultánea de hidrógeno y metano por fermentación oscura de vinazas de tequila en serie con digestión anaeróbica. *Informes de Tecnología de Recursos Biológicos*, 25, 101779. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2024.101779>
- Díaz-Barajas, S. A., Moreno-Andrade, I., Estrada-Arriaga, E. B., García-Sánchez, L., & Garzón-Zúñiga, M. A. (2024). Biohydrogen, Volatile Fatty Acids, and Biomethane from Mezcal Vinasses—A Dark Fermentation Process Evaluation. *Fermentation*, 10(4), 217. <https://doi.org/10.3390/fermentation10040217>
- Lorenzo-Santiago, M. A., Camacho-Ruíz, R. M., García-Hernández, E., Rendón-Villalobos, R., Rodríguez-Campos, J., & Contreras-Ramos, S. M. (2023). Conversion of residual sugars from vinasses to 5-Hydroxymethyl furfural (5-HMF) and phenolic compounds using ion exchange resins and thermal treatment. *Environmental Technology & Innovation*, 32, 103354. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103354>
- Mendiola-Rodríguez, T. A., & Ricardez-Sandoval, L. A. (2022). Control robusto para sistemas de digestión anaeróbica de vinazas de tequila bajo incertidumbre: un algoritmo de gradiente de políticas determinista profundo. *Ingeniería Química Digital*, 3, 100023. <https://doi.org/10.1016/j.dche.2022.100023>
- Zurita, F., Tejeda, A., Montoya, A., Carrillo, I., Sulbarán-Rangel, B., & Carreón-Álvarez, A. (2022). Generación de vinazas de tequila, caracterización, prácticas actuales de disposición y estudio de casos de métodos de disposición. *Agua*, 14(9), 1395. <https://doi.org/10.3390/w14091395>
- Zurita, F., Tejeda, A., Montoya, A., Carrillo, I., Sulbarán-Rangel, B., & Carreón-Álvarez, A. (2022). Generación de vinazas de tequila, caracterización, prácticas actuales de disposición y estudio de

- casos de métodos de disposición. Agua, 14(9), 1395. <https://doi.org/10.3390/w14091395>
- Zamarreño, A. M., Valduga, G., & Garcia-Mina, J. M. (2022). Cane vinasses contain bioactive concentrations of auxin and abscisic acid in their composition. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(17), 9976. <https://doi.org/10.3390/ijms23179976>
- Díaz-Barajas, S. A., Garzón-Zúñiga, M. A., Moreno-Andrade, I., Viguera-Cortés, J. M., & Barragán-Huerta, B. E. (2021). Acclimation of microorganisms for an efficient production of volatile fatty acids and biogas from mezcal vinasses in a dark fermentation process. *Water Science and Technology*, 83(11), 2724-2731. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.176>
- Ferrer-Gutiérrez, J. P., Santos-Luna, J. A., Pérez-Rodríguez, J. É., Marcheno-Revilla, J. M., & Cuenca-Mayorga, F. P. (2021). A dual perspective (conventional and solar-enhanced) on advanced oxidation processes for the treatment of Agave cocui vinasses. *Revista Colombiana de Química*, 50(2), 15-23. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v50n2.93101>
- López Velarde Santos, M., Ramos Jr, V., Rodríguez Morales, J. A., & Oliver, H. (2020). Effect of inoculum source on the anaerobic digestion of mezcal vinasses at different substrate-inoculum ratios. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 36(1), 81-95. <https://doi.org/10.20937/rica.2020.36.53276>
- López Velarde Santos, M., Ventura Ramos, E. J., Rodríguez Morales, J. A., & Hensel, O. (2019). Adaptación de inóculo para la digestión anaeróbica de vinazas de mezcal. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(2), 447-458. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.02.15>
- Sanchez-Lizarraga, A. L., Dendooven, L., Marino-Marmolejo, E. N., Davila-Vazquez, G., Hernández-Cuevas, L., Arenas-Montaño, V., & Contreras-Ramos, S. M. (2017). Presence and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in soil regularly irrigated with vinasses. *Journal of soil science and plant nutrition*, 17(4), 1116-1129. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162017000400020>
- Marino-Marmolejo, E. N., Corbalá-Robles, L., Cortez-Aguilar, R. C., Contreras-Ramos, S. M., Bolaños-Rosales, R. E., & Davila-Vazquez, G. (2015). Tequila vinasses acidogenesis in a UASB reactor with Clostridium predominance. *Springerplus*, 4, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.01.046>

- Molina-Cortés, A., Sánchez-Motta, T., Tobar-Tosse, F., & Quimbaya, M. (2020). Estimación espectrofotométrica del contenido fenólico total y capacidad antioxidante de melaza y vinaza generadas a partir de la industria de la caña de azúcar. *Valorización de Residuos y Biomasa*, 11, 3453-3463. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00690-1>
- de Jesús Rodríguez-Romero, J., Aceves-Lara, C. A., Silva, C. F., Gschaedler, A., Amaya-Delgado, L., & Arrizon, J. (2020). Producción de 2-feniletanol y 2-feniletacetato por levaduras no convencionales utilizando vinazas de tequila como sustrato. *Informes de biotecnología*, 25, e00420. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00420>
- Gómez-Guerrero, A. V., Valdez-Vazquez, I., Caballero-Caballero, M., Chiñas-Castillo, F., Alavéz-Ramírez, R., & Montes-Bernabé, J. L. (2019). Co-digestion of Agave angustifolia haw bagasse and vinasses for biogas production from mezcal industry. *Revista Mexicana de ingeniería química*, 18(3), 1073-1083. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbi/revmexingquim/2019v18n3/Gomez>
- Alzate-Gaviria, L. M. (2012). Producción de metano mediante el tratamiento de vinazas a partir de etanol hidratado utilizando un reactor UASB modificado. *Biotecnología para biocombustibles*, 5(1). 10.1186/1754-6834-5-82
- Chaves, B., De Neve, S., Boeckx, P., Berko, C., Van Cleemput, O., & Hofman, G. (2006). Manipulación de la liberación de N de residuos de apio marcados con 15N mediante el uso de paja y vinazas. *Biología y Bioquímica del Suelo*, 38(8), 2244-2254. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.01.023>