



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2026,
Volumen 10, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i3

DEL RESIDUO AL RECURSO: POTENCIAL INDUSTRIAL EMERGENTE DEL AGAVE

**FROM WASTE TO RESOURCE: EMERGING INDUSTRIAL
POTENTIAL OF AGAVE**

Abraham Palacios Romero

Universidad Autónoma del Estado de México

Eric López Vazquez

Universidad Politécnica de Pachuca

Edith Jiménez Muñoz

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Del residuo al recurso: potencial industrial emergente del agave

Abraham Palacios Romero¹

abraham.palacios@tec.mx

<https://orcid.org/0000-0001-6381-2987>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
México

Eric López Vazquez

erick.lopez@upp.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-8734-4735>

Universidad Politécnica de Pachuca
México

Edith Jiménez Muñoz

jimenez.edith@inifap.gob.mx

<https://orcid.org/0000-0001-7883-0600>

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
México

RESUMEN

El agave es una planta adaptable con gran potencial en diversas industrias, incluyendo la bioenergía, la biorremediación y la producción de bioplásticos, debido a su alto contenido de celulosa, lignina y compuestos bioactivos. Sus residuos, representan un recurso valioso que puede transformarse en productos como biocarbón, nanopartículas de celulosa e hidroxiapatita. Además, el bagazo es adecuado para la producción de energía mediante procesos térmicos y fermentativos, dado su bajo contenido de cenizas y alta eficiencia de combustión. Las fibras del agave tienen resistencia y longitud significativa, lo que favorece su uso en la industria textil, así como en procesos de biorremediación y absorción de contaminantes en aguas residuales. En general, el valor de los residuos de agave radica en su capacidad para generar productos renovables y sustentables.

Palabras clave: Agavaceae; biocarbón; celulosa; fibras vegetales

¹ Autor principal.

Correspondencia: abraham.palacios@tec.mx

From waste to resource: emerging industrial potential of agave

ABSTRACT

Agave is an adaptable plant with great potential in various industries, including bioenergy, bioremediation, and bioplastics production, due to its high cellulose, lignin, and bioactive compound content. Its residues represent a valuable resource that can be transformed into products such as biochar, cellulose nanoparticles, and hydroxyapatite. Additionally, bagasse is suitable for energy production through thermal and fermentative processes, given its low ash content and high combustion efficiency. Agave fibers have significant strength and length, making them suitable for use in the textile industry, as well as in bioremediation processes and the absorption of contaminants from wastewater. In general, the value of agave waste lies in its ability to generate renewable and sustainable products.

Keywords: Agavaceae; biochar; cellulose; plant fibers

*Artículo recibido 25 abril 2026
Aceptado para publicación: 25 mayo 2026*



INTRODUCCIÓN

El agave es una planta clave por su amplia distribución y adaptación a diferentes climas, lo que la convierte en una opción ideal para diversificar cultivos y enfrentar el cambio climático y la desertificación en áreas áridas y semiáridas. Su cultivo mixto permite un uso eficiente del agua y contribuye a la resiliencia agrícola. (Aguirre Rivera et al., 2017). Las hojas y residuos del agave presentan una alta humedad (hasta 79.92%), lo que facilita la extracción de metabolitos bioactivos y compuestos fenólicos con potencial para el desarrollo de ingredientes funcionales (Juárez-Niño & Soto-Castro, 2025). Los fenoles y flavonoides en hojas y bagazo tienen propiedades beneficiosas para la acuicultura, mientras que el agave es fuente de fitoquímicos con aplicaciones biotecnológicas, incluyendo actividades insecticidas, antitumorales y antibacterianas, logradas a través de diversas extracciones, incluso mejoradas con ultrasonido. (Bermúdez-Bazán et al., 2021; Méndez-Loranca et al., 2023).

A lo largo de los años, se han desarrollado numerosas líneas de investigación relacionadas con el uso de los residuos o partes del agave en diversas industrias como la bioenergía, la industria textil, la biorremediación y la agricultura, por lo que el objetivo de este estudio es compilar y analizar investigaciones que indiquen posibles y novedosos usos de los residuos de agave en diferentes industrias.

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló como una revisión de la literatura con enfoque cualitativo, orientada a identificar, analizar y sintetizar información relevante sobre los usos potenciales que tiene el agave y los desechos derivados del mismo en diferentes industrias.

Se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en bases de datos académicas reconocidas, incluyendo Scopus, Web of Science, Google Scholar y ScienceDirect. Se utilizaron las combinaciones de palabras clave “agave”, “desecho de agave” y “potencial del agave”, tanto en español como en inglés, con el fin de ampliar la cobertura de resultados. Los criterios de inclusión consideraron artículos publicados entre el año 2005 y 2026, en revistas arbitradas, con acceso a texto completo y pertinencia directa con el tema de estudio. Se excluyeron documentos duplicados, literatura gris no verificable y estudios que no aportaban evidencia relevante.



El proceso de selección se realizó en dos etapas: (1) revisión de títulos y resúmenes para identificar su relevancia y (2) análisis detallado del texto completo de los documentos seleccionados. Finalmente, los estudios incluidos fueron analizados mediante una técnica de síntesis temática, permitiendo la identificación de tendencias, enfoques metodológicos y principales hallazgos en la literatura. Para la organización y análisis de la información se emplearon matrices de categorización, facilitando la comparación entre estudios y la estructuración del contenido del artículo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

POSIBLES APLICACIONES EN LA INDUSTRIA ENERGÉTICA

El agave tiene un alto potencial energético debido a su composición química para procesos como la pirólisis y la digestión anaeróbica. Su alto contenido de celulosa (49.87%), lignina (28.53%), un bajo contenido de cenizas (2.31%) y alto porcentaje de materia volátil (76.85%) permite una alta eficiencia de conversión, en comparación con otras biomásas lignocelulósicas, en su gran mayoría leñosas, y con mayor contenido de cenizas (da Silva et al., 2025; Lalaymia et al., 2025). El contenido de humedad en el bagazo y las hojas es bajo, lo que reduce las necesidades energéticas y costos operacionales de aquellas plantas bioenergéticas que decidan utilizarlos como materia prima (da Silva et al., 2025; Lalaymia et al., 2025). Sin embargo, se debe llevar un control adecuado en esta etapa para evitar la reducción de la calidad de la biomasa almacenada por mucho tiempo.

Su alto contenido de celulosa y lignina mejora la conversión térmica de la hemicelulosa, liberando compuestos volátiles útiles para la producción de bioaceite y biocarbón. (Lalaymia et al., 2025). Sin embargo, no se desarrolló ningún modelo termodinámico para predecir los productos de degradación térmica de las bolsas hasta esta revisión.

El bajo contenido de cenizas de 2.31% reduce la formación de escorias e incrustaciones en los equipos de procesamiento térmico del bagazo y las hojas del agave, reduciendo los costos de mantenimiento y extendiendo la vida útil de los equipos (Lalaymia et al., 2025). Este factor se debe considerar en los análisis de ciclo de vida de los sistemas bioenergéticos basados en el bagazo de agave.

La presencia de materia volátil y la composición elemental (48.12% de carbono y 6.02% de hidrógeno) favorece la combustión en equipos de procesamiento térmico, lo que puede resultar en un potencial calorífico de hasta 19.25 MJ/kg (un valor alto comparado con los residuos lignocelulósicos) (Lalaymia



et al., 2025). Sin embargo, se debe investigar la energía requerida para todo el sistema, así como las variables operacionales en la conversión en bioproductos.

La industrialización del agave puede genera residuos clave (hasta 915,000 toneladas de bagazo anuales en la industria tequilera, y hasta 1.5 kg de residuos sólidos por cada litro de tequila) para el funcionamiento de plantas bioenergéticas (Warren-Vega et al., 2025). Además, se debe atender a las cadenas de suministro locales en la recepción, transporte y almacenamiento del bagazo para evitar la pérdida de calidad. Las fibras de agave son ideales para el contacto de biomasa con calor o microorganismos, ya que su longitud de 10 cm y 108 μm y estructuras mesoporosas permiten una transferencia de masa entre los reactivos o microorganismos en procesos como la pirólisis o la digestión anaerobia (Warren-Vega et al., 2025). Su composición elemental (57% de carbono y 37% de oxígeno) permite obtener biocarbón, valioso para su uso como adsorbente en suelos contaminados (Warren-Vega et al., 2025). Sin embargo, es necesario estudiar cómo las características y propiedades del bagazo influyen en las características del producto.

Los altos porcentajes de carbohidratos totales (41.22%), fibra insoluble (65.24%), hinchamiento (WAI de 46.66%) y la solubilidad moderada en agua (WSI de 33.46%) del bagazo mejoran el acceso de microorganismos para fermentación y para su conversión en biogás, dando pie para su uso en este tipo de aplicaciones (Bautista-Espinoza et al., 2024). Existen reportes de que la fermentación del parénquima para producción de bioetanol de *Agave salmiana*, es eficiente, alcanzando una tasa de conversión de hasta el 56%, generando 30.4 g/L (Silva Mendoza, 2020). Además, el digestato generado en el proceso puede ser utilizado como fertilizante para cultivos (Ortíz et al., 2024). El contenido de agua en el agave (85 al 94%) puede considerarse una ventaja, ya que el agua en los procesos de conversión con enzimas y catalizadores es una constante (Yang et al., 2015). Por último, la baja recalcitrancia de la biomasa de agave facilita su conversión (Yang et al., 2015), por lo que el uso de tratamientos para los usos previamente mencionados podría no ser necesaria, lo que mejoraría el rendimiento de los sistemas bioenergéticos.

Es importante mencionar que estas característica podría causar que los residuos sean difíciles para transportar, por lo que los centros de procesamiento deben ubicarse cerca de los centros de procesamiento de agave.



USOS COMO SUSTRATO Y EN TRABAJOS DE BIORREMEDIACIÓN

Se ha reportado que el bagazo y otros residuos de agave pueden ser utilizados como sustratos en cultivos de invernadero debido a su capacidad de ajuste de pH (entre 6.60 y 8.5 dependiendo de la proporción de compost y biosólidos de vinaza), representando una alternativa a la turba o el aserrín de coco, lo que disminuye la importación de insumos desde otros países y se puede ajustar a las necesidades de varios tipos de cultivos (Crespo González et al., 2018). Sin embargo, se necesita mayor investigación para estandarizar protocolos de uso que garanticen la estabilidad del pH ante diversas condiciones de crecimiento y uso intenso. El alto contenido de materia orgánica en el bagazo compostado y el alto nivel de nitrógeno, fósforo y potasio en los biosólidos, propician el desarrollo radicular y el crecimiento general, por lo que se vuelve un insumo asequible y económico, especialmente en contextos regionales y de recursos limitados (Crespo González et al., 2018). Sin embargo, debe indagarse más en cuanto a la permanencia de estas cualidades y su impacto en la microbiota, así como su acumulación de sales.

También se ha reportado que utilizar los residuos de agave como sustratos reduce la cantidad de desechos que pueden llegar al ambiente contribuyendo a generar una economía circular. No obstante, hay que tomar en cuenta que al utilizar el bagazo como sustrato se necesita un tratamiento previo, lo que puede resultar en un incremento en su implementación y dificultar su competitividad.

Al modificar las proporciones de bagazo y biosólidos se puede mejorar la disponibilidad de nutrientes y estructura del sustrato para alcanzar el punto óptimo de retención de humedad y aireación que requieran los cultivos (Crespo González et al., 2018). Es importante mencionar que siempre hay que analizar que este sustrato no contenga sustancias tóxicas que puedan afectar a las planta

El bagazo de agave puede funcionar como fuente para la producción de enzimas industriales (inulinasas, xilanasas, pectinasas). Los rendimientos de azúcares reductores en cultivos fúngicos del bagazo resultan mejores a los obtenidos con otras fuentes (Huitron et al., 2007). Sin embargo, es necesario evaluar mejores condiciones para su producción y aplicación.

La hidrólisis enzimática de tallos y hojas de agave mediante cultivos de hongos filamentosos autóctonos liberan altas concentraciones de azúcares (Huitron et al., 2007), esto quiere decir que la planta del agave, incluyendo sus residuos, pueden utilizarse como materia prima para procesos fermentativos y



biotecnológicos. Sin embargo, es necesario estudiar la estabilidad de estas enzimas a escala industrial y evaluar su costo energético y económico.

Existen reportes que indican que el bagazo induce una actividad xilanólica más eficiente que el xilan puro, pudiendo ser útil en la producción de enzimas (Huitron et al., 2007). También hay indicios bastante alentadores de que los hidrolizados de bagazo pueden ser un sustrato en el proceso fermentativo de producción de ácido succínico a partir de *Actinobacillus succinogenes* (Corona-González et al., 2016). Este potencial del bagazo permite no solo valorizar un residuo de bajo interés, sino también producir insumos necesarios para otras industrias como la alimentaria, textil y de biopolímeros (Huitron et al., 2007).

Existen reportes que indican que los subproductos del agave se pueden transformar en biocarbón para eliminar arsenito en el agua, por lo que podría ayudar a disminuir la dependencia de tecnologías importadas y disminuir problemas ambientales (González García et al., 2025). No obstante, es necesario buscar estrategias de funcionalización eficientes para tratar otros contaminantes como otras formas de arsénicos o flúor.

El bagazo se puede utilizar para producir carbón activado con una alta área superficial (1462 m²/g), lo cual permite usarlos en aplicaciones energéticas (supercondensadores) o ambientales (sensores electroquímicos) (Rangel Heredia et al., 2021) . Esto se debe a su baja densidad y elevada microporosidad. No obstante, es necesario seguir explorando cómo las variables en el método de activación afectan el resultado para producir materiales con eficiencia óptima.

Otra posible aplicación que se ha encontrado para el bagazo es en la producción de electrodos. Los reportes muestran que poseen la capacidad de detectar la presencia de metales pesados como el cobre, con límites de cuantificación comparables a los del análisis por espectroscopia de absorción atómica (Contreras-Atrisco et al., 2026). Debido a que es una aplicación extremadamente novedosa, es necesario estudiar la manipulación de la estructura porosa y las estrategias de funcionalización para mejorar su reproducibilidad y producción a gran escala.

La búsqueda de sistemas tecnológicos para la biorremediación a partir del agave contribuye a la sustentabilidad en zonas rurales (González García et al., 2025). Sin embargo, se necesita más investigación acerca de su adecuación en condiciones ambientales variadas y su eficiencia ante



combinaciones de contaminantes. También se ha reportado que el uso de humedales híbridos con agave ha logrado reducir la presencia de contaminantes en aguas residuales, mostrando así su eficiencia como herramienta de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales (Savio et al., 2023). Sin embargo, es recomendable indagar más acerca de su eficiencia y durabilidad en diversas condiciones climáticas y en presencia de efluentes con diferentes características.

Adicionalmente, debido a la composición del bagazo (especialmente por sus altas concentraciones de lignina), hay reportes que indican que es más eficiente en la remoción de cromo y cobre que el bagazo de caña o el aserrín de madera (Alsulaili et al., 2024; de Anda-Rodríguez et al., 2025). Sin embargo, aun falta optimizar las técnicas de preparación y activación del material, así como evaluar la correcta disposición de los bioadsorbentes saturados para evitar su impacto ambiental.

USOS EN OTRAS INDUSTRIAS

El agave contiene fibras naturales con una longitud de hasta 90 cm y posee una alta resistencia a la tensión, lo que lo posiciona como una materia prima muy valiosa (Pathan & Veeresh Kumar, 2023). Es posible mezclar estas fibras con polímeros o como refuerzo de materiales composite. Estas fibras tienen una dimensión macroscópica mucho más grande que otras, por lo tanto, tienen un potencial enorme como materiales textiles y materiales composite más ligeros. Debido a su alto contenido de celulosa y bajo contenido de impurezas, pueden servir para el desarrollo de cementos ecológicos y su alta capacidad de retención de agua hace que sean ideales para reforzar el concreto en zonas secas y calurosas (Gómez Balbuena et al., 2025). Sin embargo, también es necesario investigar y corroborar que los materiales elaborados a base de agave no pierdan sus características en otros climas o a lo largo del tiempo.

También existen reportes que indican que se puede emplear las fibras del agave y sus residuos como refuerzo en polímeros termoplásticos. Mediante el uso de esterificación superficial optimiza la compatibilidad y acoplamiento entre la fibra y las matrices poliméricas, mejorando la resistencia al impacto, de este modo se logra que el material tenga un buen desempeño en la industria automotriz, de construcción o de empaques, por ser ligero y resistente (Tronc et al., 2007).

Su estabilidad térmica puede aumentar de 270°C a 290°C después de la modificación superficial, mejorando el rango de procesabilidad y sus usos; no obstante, se requieren más estudios para evaluar el cambio en las propiedades mecánicas bajo diversas condiciones de servicio (Tronc et al., 2007).



Por otro lado, optimizar el anclaje de las fibras de agave a matrices de polietileno de alta densidad (HDPE) mediante una modificación superficial disminuye el deslizamiento entre componentes y provoca un menor despegue en el material composite modificado, siendo así más fiable (Tronc et al., 2007). Sin embargo, se necesitan estudios para examinar la influencia de modificaciones químicas o físicas en su biodegradabilidad.

En el caso de materiales compuestos con fibras modificadas, aunque disminuye el módulo elástico, la resistencia al impacto aumenta, representando un buen compromiso entre rigidez y absorción de energía, lo que indica un posible uso en vehículos o en aplicaciones de construcción, donde la seguridad es importante (Tronc et al., 2007). En los procesos para crear nuevos materiales composite es importante que el tamaño de las fibras sea el adecuado, con dimensiones precisas y bien controladas, para obtener propiedades deseadas y que cumplan los requerimientos necesarios de sus aplicaciones (Tronc et al., 2007). Considerando esto, es necesario continuar los estudios en este rubro para mejorar los costos y homogeneizar la producción de las fibras de agave.

Otra aplicación del agave es en la producción de micro y macromateriales que pueden ser utilizados como empaques ecológicos. El contenido de celulosa y hemicelulosa, que es de aproximadamente 45% y 30% respectivamente, permite crear materiales ligeros con baja capacidad de absorción de agua para el sector de los empaques (de Anda-Rodríguez et al., 2025). Sin embargo, es necesario investigar el ciclo de vida de dichos empaques para poder evaluar las posibles consecuencias de su entrada en el medio ambiente.

Con las fibras de agave también se pueden crear materiales biodegradables ya que poseen características adecuadas para su degradación en poco tiempo (de Anda-Rodríguez et al., 2025). Sin embargo, se requieren más estudios sobre la influencia de las condiciones ambientales en la variabilidad de la producción en esta industria.

El hecho de convertir el bagazo en empaques ecológicos puede aumentar el valor de los residuos y ayudar a establecer nuevas industrias, ya que, como se dijo anteriormente, la industria tequilera produce cerca de 915,000 toneladas anuales de bagazo, por lo que este desperdicio puede convertirse en un nuevo material con aplicaciones específicas, disminuyendo así las emisiones de CO₂ (Warren-Vega et al., 2025).



Las propiedades texturales del bagazo de agave como su mesoporosidad o estructura puede hacer posible el desarrollo de materiales funcionales como catalizadores de soporte, adsorbentes ambientales o empaques ecológicos (Warren-Vega et al., 2025), abriendo con ello nuevas e interesantes líneas de investigación, d (Warren-Vega et al., 2025).

Otros estudios han reportado que es posible transformar las cenizas del bagazo en hidroxiapatita, un material cerámico utilizado con fines biomédicos. La fracción de ceniza reportada en esas investigaciones fue menor a 37 μm , lo que cumplió con los estándares de pureza del producto requeridos por la industria (Elizondo-Villarreal et al., 2022). Sin embargo, debido a las condiciones en que estos estudios fueron realizados, es necesario continuar los ensayos para llevar la producción a una escala industrial viable.

En el sector nanotecnológico, los residuos de agave azul tienen el potencial de convertirse en nanopartículas de celulosa con dimensiones de 150 a 485 nm de longitud y 7 a 9 nm de diámetro y con propiedades ópticas y mecánicas sobresalientes (Robles et al., 2018). Estas nanopartículas tienen una gran aplicación en los sectores alimentario, médico y de embalajes. Es importante mencionar que las nanopartículas extraídas de las hojas de agave tienen un mayor rendimiento y menor tamaño que de las fibras del bagazo (Robles et al., 2018). El polihidroxibutirato (PHB) creado por fermentación, utilizando el residuo del agave, representa una gran alternativa para sustituir a los plásticos (Martínez-Herrera et al., 2021). Sin embargo, se deben buscar estrategias para la optimización de la producción de este polímero para así poder introducirlo al mercado.

CONCLUSIONES

Los residuos del agave, ricos en celulosa, hemicelulosa y compuestos bioactivos, presentan un notable potencial como materias primas renovables en diversas industrias, incluyendo producción de energía, agricultura, biorremediación y fabricación de bioplásticos y nanomateriales. Sin embargo, para su aprovechamiento industrial es necesario continuar con estudios experimentales que permitan escalar los procesos y evaluar integralmente sus impactos ambientales, sociales y económicos. En conjunto, la evidencia disponible respalda que el agave y sus residuos constituyen una fuente estratégica y versátil de recursos renovables, capaz de generar valor agregado y contribuir a la sostenibilidad industrial.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Rivera, J. R., Aldrete Herrera, P. I., Álvarez-Ainza, M., Amaya Delgado, L., Andrade González, I., Arellano Plaza, M., Armenta Corral, R. I., Arreola Vargas, J., Arrizon Gaviño, J. P., Beltrán García, M. J., Calderón Santoyo, M., Camacho Ruíz, R. M., Castro Díaz, A. S., Contreras Medina, D. I., Contreras Ramos, S. M., Cházaro Basañez, M. de J., Dávila Vázquez, G., De la Mora Amutio, M., De la Rosa Miranda, M., ... Villalobos Serrano, L. F. (2017). *Panorama del aprovechamiento de los Agaves en México* (1st ed., Vol. 1). AGARED. www.agared.org
- Alsulaili, A., Elsayed, K., & Refaie, A. (2024). Utilization of agriculture waste materials as sustainable adsorbents for heavy metal removal: A comprehensive review. *Journal of Engineering Research*, 12(4), 691–703. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.09.018>
- Bautista-Espinoza, P. I., Reynoso-Camacho, R., Mares-Mares, E., Granados-Arvizu, J. A., García-Almendárez, B. E., & Regalado-González, C. (2024). Revalorization of agave bagasse in the obtention of type II sourdough inoculated with *Lactococcus lactis* NRRL B-50307. *Food Bioscience*, 58. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103803>
- Bermúdez-Bazán, M., Castillo-Herrera, G. A., Urias-Silvas, J. E., Escobedo-Reyes, A., & Estarrón-Espinosa, M. (2021). Hunting bioactive molecules from the agave genus: An update on extraction and biological potential. In *Molecules* (Vol. 26, Number 22). MDPI. <https://doi.org/10.3390/molecules26226789>
- Contreras-Atrisco, Z. A., Gómez-Navarro, C. S., Cornejo-León, S., Fonseca-Aguiñaga, R., Warren-Vega, W. M., Zárate-Guzmán, A. I., & Romero-Cano, L. A. (2026). Green electrochemical detection of copper in alcoholic beverages using agave waste electrodes and digital twin integration. *Talanta*, 297, 128641. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.talanta.2025.128641>
- Corona-González, R. I., Varela-Almanza, K. M., Arriola-Guevara, E., Martínez-Gómez, Á. de J., Pelayo-Ortiz, C., & Toriz, G. (2016). Bagasse hydrolyzates from Agave tequilana as substrates for succinic acid production by *Actinobacillus succinogenes* in batch and repeated batch reactor. *Bioresource Technology*, 205, 15–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.12.081>



- Crespo González, M. R., González Eguiarte, D. R., Rodríguez Macías, R., Ruiz Corral, J. A., & Durán Puga, N. (2018). Caracterización Química Y Física Del Bagazo De Agave Tequilero Compostado Con Biosólidos De Vinaza Como Componente De Sustratospara Cultivos En Contenedor. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 34(3), 373–382. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.03.01>
- da Silva, J. C. G., Arias, S., Pacheco, J. G. A., Raya, F. T., Pereira, G. A. G., & Mockaitis, G. (2025). Exploring the pyrolysis of Agave species as a novel bioenergy source: Thermo-kinetics, modeling, and product composition insights. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 188, 107053. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jaap.2025.107053>
- de Anda-Rodríguez, F. A., Corona-Ramírez, M. R., Patiño-Arévalo, C. D., Zárate-Navarro, M. A., Zárate-Guzmán, A. I., & Romero-Cano, L. A. (2025). Mycomaterials from Agave Bagasse: A Valorization Strategy for Sustainable Tequila Packaging. *Fermentation*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/fermentation11090500>
- Elizondo-Villarreal, N., Verástegui-Dominguez, L. H., Quijano-Briones, J. J., Vázquez-Rodríguez, F. J., Rodríguez-Castellanos, E., López-Cuellar, E., Torres-Lopez, E., & Castaño-Meneses, V. M. (2022). Agro-Industrial Waste as a Source of Raw Material: Eggshell and Ash of Agave salmiana Useful for the Synthesis of Hydroxyapatite. *Journal of Renewable Materials*, 10(12), 3559–3572. <https://doi.org/10.32604/jrm.2022.021945>
- Gómez Balbuena, D. N., Ortíz Mena, R. G., Martínez Maldonado, M. A., & Vega Chávez, J. L. (2025). Aplicaciones de las fibras naturales en el sector industrial. Revisión genera. *Revista Gestión I+D*, 10(1), 162–209. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9988939>
- González García, A. P., Carlos Hernández, S., & Díaz Jiménez, L. (2025). Agave lechuguilla waste can be applied as biochar-adsorbent to remove arsenic from water. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 22(10), 9193–9208. <https://doi.org/10.1007/s13762-024-06226-y>
- Huitron, C., Perez, R., Sanchez, A. E., Lappe, P., & Rocha-Zavaleta, L. (2007). Agricultural waste from the tequila industry as substrate for the production of commercially important enzymes. *Journal of Environmental Biology*, 29(1), 37.



- Juárez-Niño, E. D., & Soto-Castro, D. (2025). Agave Leaves as an Alternative Source of Antioxidant and Hypoglycemic Metabolites Through α -glucosidase Enzyme Inhibition. *Waste and Biomass Valorization*. <https://doi.org/10.1007/s12649-025-02924-x>
- Lalaymia, I., Belaadi, A., Alshahrani, H., Ghernaout, D., & Mukalazi, H. (2025). Sustainable Renewable Biofuel Production Toward Pyrolysis of Fibers Biowaste Agave Americana L. and Thermodynamics Mechanisms Kinetic Parameters Triplet Assessment. *Journal of Natural Fibers*, 22(1). <https://doi.org/10.1080/15440478.2025.2537069>
- Martínez-Herrera, R. E., Rutiaga-Quiñones, O. M., & Alemán-Huerta, M. E. (2021). Integration of Agave plants into the polyhydroxybutyrate (PHB) production: A gift of the ancient Aztecs to the current bioworld. In *Industrial Crops and Products* (Vol. 174). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114188>
- Méndez-Loranca, E., Vidal-Ruiz, A. M., Martínez-González, O., Huerta-Aguilar, C. A., & Gutierrez-Uribe, J. A. (2023). Beyond cellulose extraction: Recovery of phytochemicals and contaminants to revalorize agricultural waste. In *Bioresource Technology Reports* (Vol. 21). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101339>
- Ortíz, I., Valdez-Vazquez, I., Hernández-Vázquez, A., Olivares-Hernández, R., Carillo-Reyes, J., Alatríste-Mondragón, F., Buitrón, G., & Razo-Flores, E. (2024). Process design and economic evaluation for methane and electricity production from Agave bagasse using different pretreatments. *Energy Conversion and Management*, 306. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118319>
- Pathan, Y., & Veeresh Kumar, G. B. (2023). Potential of Agave angustifolia marginata for composite and textile applications – A new source of natural fibre. *Industrial Crops and Products*, 203. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117213>
- Rangel Heredia, K., Garza Tovar, L. L., Sánchez Cervantes, E. M., & Torres González, L. C. (2021). Activated carbon from agave wastes (agave tequilana) for supercapacitors via potentiostatic floating test. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 32(16), 21432–21440. <https://doi.org/10.1007/s10854-021-06649-0>



- Robles, E., Fernández-Rodríguez, J., Barbosa, A. M., Gordobil, O., Carreño, N. L. V., & Labidi, J. (2018). Production of cellulose nanoparticles from blue agave waste treated with environmentally friendly processes. *Carbohydrate Polymers*, 183, 294–302. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.01.015>
- Savio, N., Pandey, D., & Srivastava, R. K. (2023). Potentialities of plant based hybrid wetland systems for the treatment of household waste water using *Canna indica*, *Agave americana*, *Pistia stratiotes* and *Tagetes erecta*. *Materials Today: Proceedings*, 77, 217–222. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.264>
- Silva Mendoza, J. (2020). *Obtención de enzimas microbianas y su aplicación en la producción de etanol a partir de hojas de Agave salmiana* [Tesis doctoral]. Universidad Autónoma del Estado de Nuevo León.
- Tronc, E., Hernández-Escobar, C. A., Ibarra-Gómez, R., Estrada-Monje, A., Navarrete-Bolaños, J., & Zaragoza-Contreras, E. A. (2007). Blue agave fiber esterification for the reinforcement of thermoplastic composites. *Carbohydrate Polymers*, 67(2), 245–255. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.05.027>
- Warren-Vega, W. M., Fonseca-Aguiñaga, R., López de la Cruz, C. F., Campos-Rodríguez, A., Zárate Guzmán, A. I., & Romero Cano, L. A. (2025). Valorization of agave bagasse as a bio-template for circular economy: Applications in energy conversion, metabolite production, and sustainable material synthesis. *Biomass and Bioenergy*, 197. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2025.107797>
- Yang, L., Lu, M., Carl, S., Mayer, J. A., Cushman, J. C., Tian, E., & Lin, H. (2015). Biomass characterization of *Agave* and *Opuntia* as potential biofuel feedstocks. *Biomass and Bioenergy*, 76, 43–53. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.03.004>

