

De residuos a la innovación: revalorización de subproductos agroindustriales Mexicanos como estrategia de desarrollo sostenible

Gerardo Valles-Salas, Ana M. Avila-Galván, Orlando A. Manzanares-Meza, Berenice Garcia-Ríos, María Camila Carmona-Luna y Juliana Morales-Castro *

TECNM/Instituto Tecnológico de Durango. Unidad de Posgrado Investigación y Desarrollo Tecnológico, Laboratorio Nacional de Evaluación de Productos Bióticos, LANAEPI, Durango, México.

* Autor de correspondencia: jmorales@itdurango.edu.mx; Tel.: +52 (618) 818-5402 y 818-6936 ext. 116

Artículo de divulgación científica

Recibido: 5 de junio de 2025 Aceptado: 11 de julio de 2025 Publicado: 16 de agosto de 2025

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v4i1.471>

Resumen: En nuestro país, diariamente se desperdician cientos de alimentos a lo largo de la cadena de suministro, desde la cosecha hasta el procesamiento convirtiéndose en residuos que, en su mayoría se consideran materiales sin valor. Los residuos suelen terminar en la basura, vertederos, rellenos sanitarios o como alimento para ganado sin recibir un tratamiento adecuado. Estas prácticas representan un problema para la sostenibilidad económica, medio ambiental y social en todo el país, lo que hace urgente encontrar alternativas para evitar este desperdicio de recursos. La comunidad académica y científica ha enfocado esfuerzos en agregar valor a estos alimentos descartados, incluyendo a los subproductos agroindustriales generados durante el procesamiento de los alimentos, para que se conviertan en materia prima de otro proceso, aplicando el concepto de bioeconomía circular. De esta manera, el presente artículo ofrece un panorama de alternativas sustentables para valorizar residuos agroindustriales desde la ciencia y la tecnología, provenientes del agave, jícama de descarte, granza de frijol y restos de la calabaza semillera, ejemplificando estrategias para transformar los residuos en recursos de valor, contribuyendo a reducir el impacto ambiental, disminuir el volumen de residuos y fomentar modelos de producción más responsables.

Palabras clave: residuos agroindustriales; bioeconomía; valorización; aprovechamiento de residuos

Introducción

En México, cada año se desperdician grandes cantidades de alimentos, ya sea porque no cumplen con los estándares de calidad requeridos para su venta y distribución (forma, tamaño), o porque al procesarlos, parte de estos alimentos no son comestibles y generan subproductos que no se aprovechan (Quintero-Herrera *et al.*, 2023). Pero ¿qué pasaría si estos residuos fueran en realidad materia prima para desarrollar múltiples productos con potencial aún sin descubrir? El modelo actual de producción y consumo de alimentos sigue la linealidad, tomar-hacer-usar-eliminar. Esto genera residuos y dejan de lado enormes cantidades de alimentos, incluso productos completos y subproductos, como cáscaras, fibras, pulpas, semillas, huesos y hojas. Por ejemplo, el procesamiento del agave genera más de 1.3 millones de toneladas de residuos; la producción de frijol produce alrededor de 57 mil ton de granza; la industria semillera de calabaza desperdicia más de 25 mil ton y se estima 46 mil ton de jícama son descartadas por no cumplir criterios comerciales. En este sentido, surge la necesidad de buscar alternativas para aprovechar al máximo estos recursos (Ubando *et al.*, 2020).

La bioeconomía circular, que integra conocimientos, ciencia, tecnología e innovación propone soluciones sostenibles al maximizar el valor de recursos biológicos y minimizar la generación de residuos (Venugopal, 2022). Este enfoque, reconoce el valor de los subproductos como biomasa, puesto que, de ser descartados, pueden convertirse en fuente de compuestos valiosos para los sectores, alimentario, farmacéutico y cosmético, aumentando de 3 a 10 veces su valor. Ejemplos de estas biomoléculas, son, celulosa, hemicelulosa, lignina, almidón, fibra dietaria, pectina, proteínas y pigmentos. Además, el aprovechamiento de este residuo contribuye a mitigar el impacto ambiental al reducir desechos orgánicos, cuya disposición, genera gases de efecto invernadero.

Desde 2018, se ha promovido una guía internacional para reducir el desperdicio de alimentos, jerarquizando acciones para su gestión, priorizando la prevención, redistribución para consumo humano (donaciones), uso como alimento animal y valorización mediante recuperación de compuestos como celulosa, hemicelulosa y lignina para desarrollar biomateriales (biopelículas, hidrogeles y biocombustibles), así como almidón, proteínas y pigmentos, útiles en el desarrollo de alimentos funcionales y nutraceuticos (WRAP, 2018).

El mal manejo de residuos genera problemas ambientales, además de pérdidas de recursos como agua, energía y dinero invertidos en su producción. Por ello, su aprovechamiento es una necesidad alineada con los Objetivos del Desarrollo Sostenible, en particular el número 12 y la meta 12.3, que busca reducir a la mitad las pérdidas y desperdicios de alimentos para 2030.

Desarrollo

Residuos de Agave: Del tequila y mezcal, el renacer del bagazo

El agave, también conocido como “Maguey”, es una planta suculenta de origen árido o semiárido con un vínculo importante con la cultura mexicana. Se usa tradicionalmente para producir diversos productos: bebidas destiladas y no destiladas, artesanías, fibras y alimentos, ha sido clave en el desarrollo económico y social de varias regiones en el país (Avila-Galván *et al.*, 2024). Presenta una composición química rica en compuestos como celulosa (20.7% de la composición total), hemicelulosa (11.3%) y lignina (12.2%), que lo convierten en materia prima de interés para la generación de diversos productos.

Entre los productos más destacados del procesamiento del agave están el tequila y mezcal, bebidas con denominación de origen que han impulsado el crecimiento en estados como: Jalisco, Tamaulipas, Nayarit y Guanajuato para el tequila; Oaxaca, Guerrero, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango y Guanajuato para el mezcal. En 2024, su producción, distribución y venta generaron una derrama económica de cerca de 153 MDP y 36 MDP para el tequila y mezcal respectivamente (COMERCAM, 2024).

Sin embargo, la producción de estas bebidas genera grandes y diversas cantidades de residuo, como las hojas (pencas), bagazo y vinazas, que representan un serio problema medioambiental (Figura 1). Tradicionalmente considerados como “desechos” o “materiales sin valor”, hoy se reconocen por su potencial para el desarrollo de productos de valor agregado.

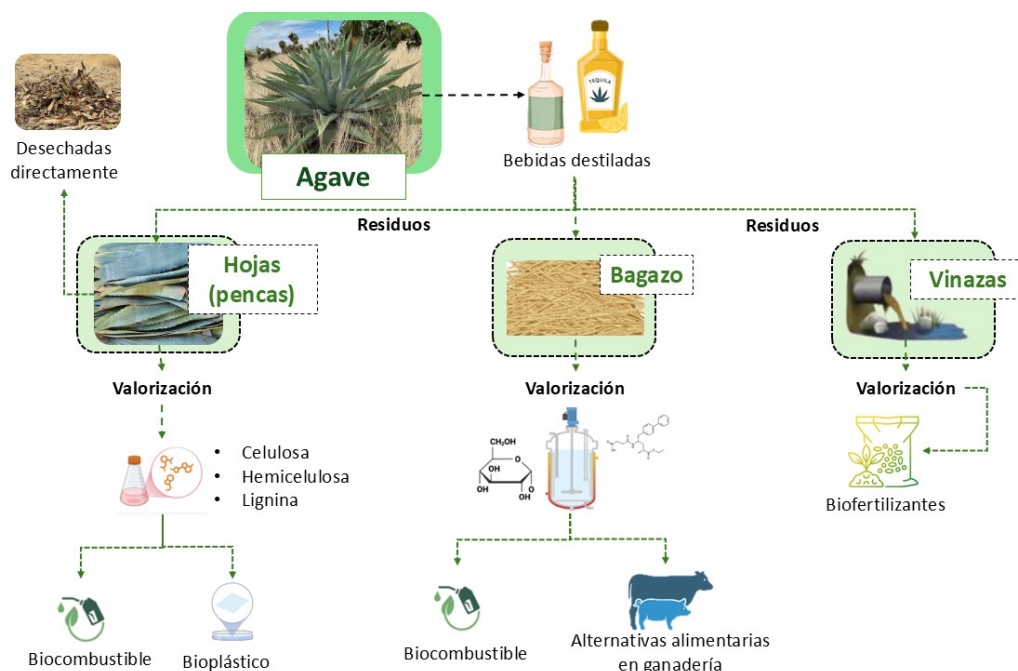


Figura 1. Residuos generados en la producción de bebidas derivadas del mezcal y su valorización.

Para la elaboración de estos destilados, se utilizan únicamente las piñas (corazón) de la planta, que se obtienen tras retirar las hojas del agave que representan hasta el 50% y suelen desecharse al aire libre, lo que permite la proliferación de plagas, patógenos y parásitos representando problemas medioambientales. Las tendencias actuales dirigidas hacia su valorización están enfocadas en utilizarlas como materia prima, para la producción de compuestos celulósicos (carboximetilcelulosa, acetatos de celulosa y celulosa nanocristalina) y derivados, incluyendo plásticos biodegradables y azúcares fermentables (Contreras-Hernandez *et al.*, 2018).

El bagazo de agave, un residuo fibroso generado tras la extracción de azúcares fermentables suele desecharse cerca de las plantas productoras, provocando emisiones de dióxido de carbono y la aparición de fauna nociva (Avendaño-Rito *et al.*, 2023). Su valorización incluye el uso como materia prima para producir bioetanol, alimento animal, fibras textiles, compostas, fertilizantes y papel y cartón reciclado (Shiva *et al.*, 2022).

Las vinazas de agave, residuos líquidos de alta carga orgánica están conformadas por agua, azúcares fermentables, ácidos orgánicos, ésteres y alcoholes. Presentan un pH bajo, elevadas concentraciones de lípidos, calcio, magnesio, potasio y compuestos fenólicos. Han sido investigadas para obtener biofertilizantes, metano como biocombustible y compuestos bioactivos como fibra dietaria, azúcares reductores y compuestos fenólicos (Álvarez-Chávez *et al.*, 2024).

La falta de aprovechamiento de estos residuos ha derivado en una problemática ambiental. Sin embargo, avances científicos y tecnológicos han abierto nuevas posibilidades para obtener productos de alto valor comercial, como hidrogeles, películas biodegradables y biomateriales. La valorización integral de los residuos de agave se perfila como una vía clave para impulsar la sustentabilidad y el crecimiento económico mediante su transformación en productos de valor agregado.

Jícama de Descarte: Transformando un producto no comerciable en un recurso de valor

La jícama (*Pachyrhizus erosus* L.) es un tubérculo cultivado en México pero subutilizado a nivel mundial (Huang *et al.*, 2023), consumido principalmente en fresco como botana o ensalada. Su bajo contenido calórico y presencia de 1.3g de proteína, 9.9 g de carbohidratos, 7.5g de almidón, 0.7g de fibra, 0.5g de cenizas y minerales como calcio, potasio, sodio, cobre y hierro por cada 100 g de jícama fresca, la convierten en un alimento nutritivo.

En México se producen cerca de 187.92 ton anuales, siendo Nayarit, Guanajuato, Veracruz y Morelos los principales estados productores (SENASICA, 2023). Sin embargo, alrededor del 25% de esta producción se descarta por defectos físicos como golpes, deformaciones, cuarteaduras o coloración anormal, lo que impide su comercialización y cosecha, generando un residuo conocido como jícama de descarte (García-Ríos *et al.*, 2024) (Figura 2).

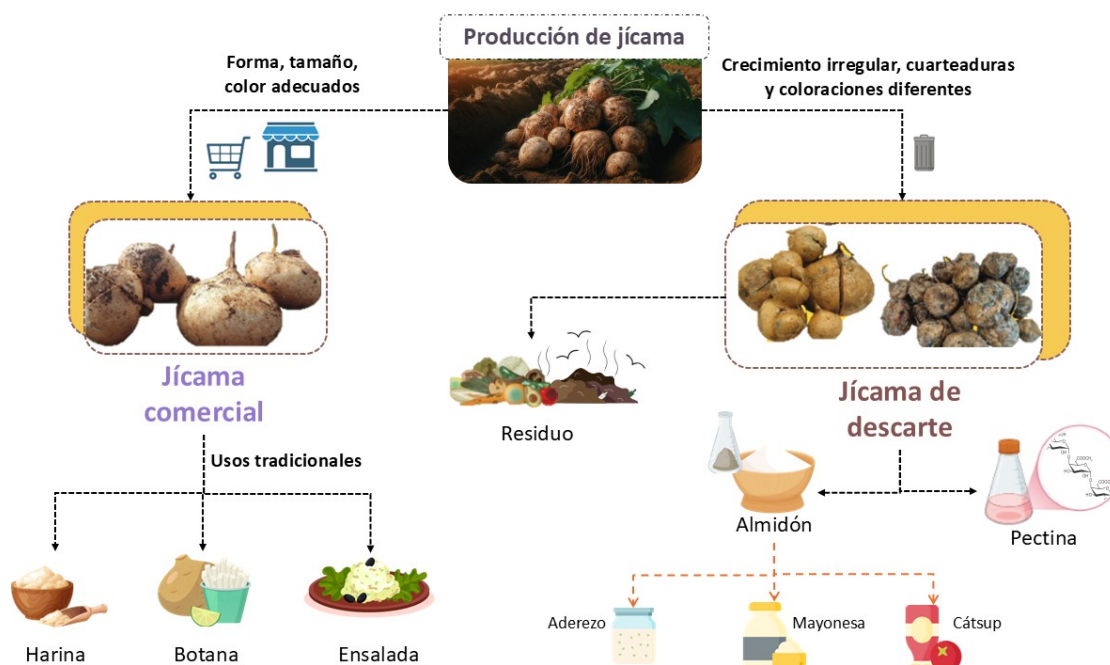


Figura 2. Valorización integral y sostenible de la jícama: consumo directo y valorización de residuos.

Estos residuos suelen abandonarse en el campo, causando impactos ambientales, y representando una pérdida de recursos nutricionales, ya que conserva su contenido de fibra, minerales y almidón (Ramírez-Balboa *et al.*, 2023). Si bien se han estudiado aplicaciones de la jícama comercial para la elaboración de harinas y extracción de almidón, el aprovechamiento de la jícama de descarte sigue siendo limitado.

Recientes investigaciones muestran que la jícama de descarte, posee una composición similar a la comercial, específicamente en contenido de cenizas (2.9% vs. 3.1%), proteína (3.2% vs. 8.7%), pectina (5.4% vs. 3.9%) y almidón (61% vs. 95%), siendo este último de gran interés industrial, pues se emplea como aditivo para mejorar la consistencia y textura de productos como aderezos, mayonesa y cátsup, además de su uso como espesante, estabilizante y gelificante, en la industria cosmética.

El almidón se obtiene convencionalmente de granos como trigo y maíz. En este sentido la jícama de descarte representa una fuente alternativa y sostenible, al reducir el uso de alimentos destinados a alimentación humana. Así puede transformarse en un recurso valioso, aportando valor económico y fortaleciendo modleos circulares, alineados con con ODS 1, 3 y 12. Así, en lugar de convertirse en residuo y terminar en la basura, la jícama de descarte puede transformarse en un recurso valioso, aportando valor económico y fortalecer modelos circulares.

Granza de frijol: La ruta sostenible y proteica del frijol

El frijol es una leguminosa importante en la alimentación humana por su alto contenido proteico (16 a 33 %), incluyendo principalmente globulina, albúmina y prolaminas, lo que representa el doble respecto a cereales como el maíz (Choudhury *et al.*, 2025). Además, es fuente de carbohidratos, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos como flavonoides, antocianinas, polifenoles, taninos y flavonas, los cuales han demostrado efectos positivos en la salud. (Fernández-Valenciano & Sánchez-Chávez, 2016).

En México, la producción de frijol en 2024 alcanzo 724 mil toneladas, (SENASICA, 2023) representando un cultivo clave para la seguridad alimentaria y economía nacional. Sin embargo, entre el 3 y el 8% de esta producción es desechada como “granza”, residuo generado durante el procesamiento comercial, compuesto por granos quebrados, pequeños o dañados, que no cumplen con los estándares de calidad comercial, pero conservan su valor nutricional (Rosas-Flores & Graciano-de la Cruz, 2020).

El aprovechamiento de la granza de frijol ha sido investigado con diversos enfoques de valorización, como su uso en enriquecidos con proteínas, fertilizantes o alimentos extruidos para ganado (Mali y Kumar, 2023). Entre las estrategias más actuales se encuentra la obtención de aislados proteicos con alto potencial gelificante y emulsionante (Figura 3). Estos aislados representan una alternativa sostenible, ya que mejoran la funcionalidad tecnológica en el desarrollo de alimentos, ofrecen beneficios nutricionales y amplían la diversidad de productos para el consumidor (Peña-Cháidez *et al.*, 2021). Una ventaja adicional de los aislados proteicos de frijol es que requieren menor concentración, tiempo y temperatura para formar geles en comparación con aislados proteicos de lenteja o guisante amarillo, lo cual favorece su eficiencia industrial.



Figura 3. Ruta de valorización de granza de frijol, compuestos de interés para la industria y aplicaciones.

Por otra parte, también se ha explorado la granza de frijol como fuente de almidón, componente que representa entre el 25% y 45% de la materia seca. El creciente consumo de alimentos procesados ha elevado la demanda de almidón, lo que impulsa la búsqueda de fuentes alternativas (Punia *et al.*, 2020). En este contexto, el almidón obtenido de granza de frijol presenta buena capacidad gelificante y alto contenido de almidón resistente, superior al de cereales y tubérculos.

Aunque este método de valorización muestra resultados prometedores, su implementación a escala industrial aún requiere investigación aplicada que garantice eficiencia y efectividad de los procesos.

Residuos de calabaza semillera: El tesoro olvidado de la industria semillera en México

La calabaza es una hortaliza originaria de América central, ampliamente cultivada por su valor económico en países como India, China, México y Estados Unidos. En México, forma parte de la cocina tradicional, la pulpa se consume en sopas, dulces, panadería y confitería, mientras que las semillas, conocidas como “pepita” se consumen como botana con o sin cáscara, saladas y tostadas o para la elaboración de pipián.

En los estados como Guerrero, Tabasco, Zacatecas y Campeche, la calabaza se cultiva exclusivamente por sus semillas debido a su contenido de proteína, fibra, vitaminas, Omega 3 y 6, y minerales (Hussain *et al.*, 2021). Esta demanda, sumada a bajos costos de producción, mínimas condiciones de cultivo y el competitivo costo de venta, ha impulsado una industria semillera enfocada exclusivamente en la obtención y comercialización de semillas.

Sin embargo, este proceso genera que el resto de la calabaza (cáscaras, pulpa y fibras) se descarten como residuo, dejándose en el campo o sea utilizado como alimento animal, representando una pérdida de biomasa con un alto potencial de valorización. Esta práctica genera impactos ambientales y desaprovecha compuestos de interés industrial, nutricional y funcional.

Actualmente, se exploran diversas estrategias para valorizar estos residuos, Figura 4. Destaca la extracción de compuestos funcionales como carotenoides (pigmentos responsables del color amarillo de la calabaza), que poseen actividad antioxidante y han sido utilizados para enriquecer aceites vegetales (Portillo-López *et al.*, 2021). Así mismo, se ha demostrado que estos residuos contienen altos niveles de compuestos fenólicos (Hussain *et al.*, 2021), con potencial para su extracción y desarrollo de alimentos funcionales, es decir, productos que además de nutrir pueden mejorar la salud.

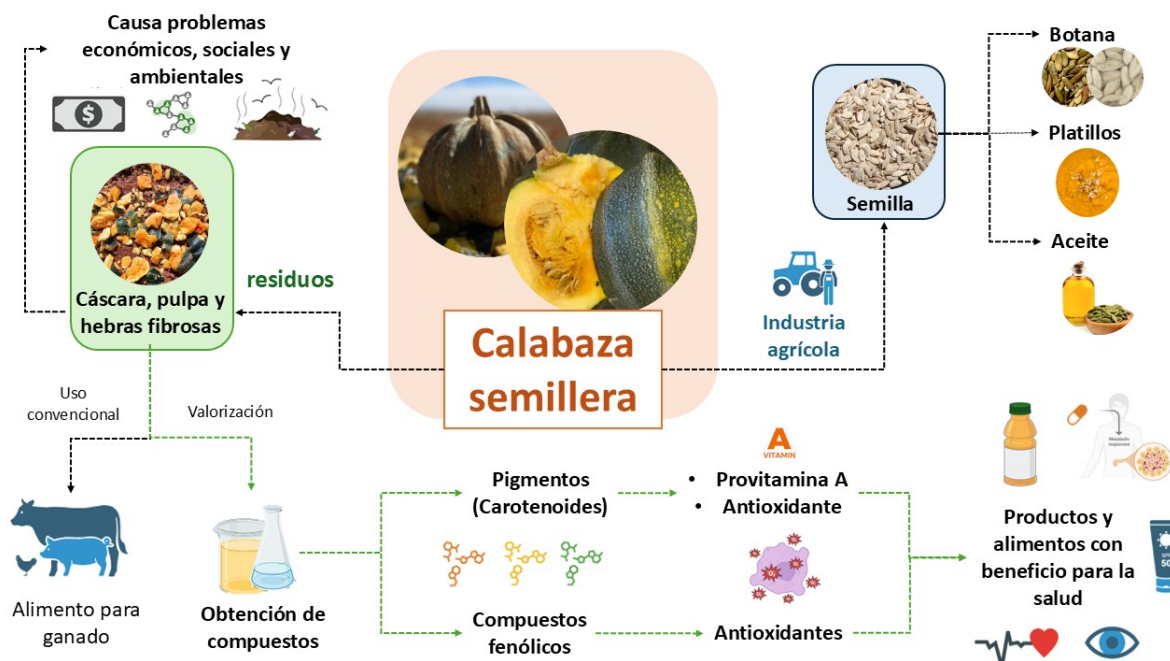


Figura 4. Estrategia de valorización de residuos de calabaza semillera proveniente de la industria semillera en México.

Otra vía de valorización consiste, en la obtención de harinas de residuos de calabaza, las cuales pueden utilizarse en pastelería y derivados, como sustituto parcial de harina de trigo, aportando un color atractivo y aumentando el nivel de fibra, lo que mejora el perfil nutricional del alimento final.

El aprovechamiento de residuos generados por la industria semillera de calabaza, contribuye no solo a reducir el volumen de residuos, sino que convierte lo que antes se consideraba desecho en una fuente rica de compuestos funcionales, alineándose con los principios de la economía circular y la sostenibilidad agroalimentaria.

Desafíos y oportunidades para México en el aprovechamiento de residuos y subproductos

La generación masiva de residuos agroindustriales representa una oportunidad para reducir costos y desarrollar productos sostenibles con valor agregado (Velasco-Velasco *et al.*, 2017). Sin embargo, persisten problemáticas que limitan su aprovechamiento bajo el marco de bioeconomía circular.

Aunque existen tecnologías para transformar estos residuos en productos funcionales, muchas son complejas, costosas o utilizan sustancias contaminantes (Moncayo Luján *et al.*, 2018). Por ello la ciencia trabaja en el desarrollo de “tecnologías verdes”, que disminuyen el impacto ambiental. A esto se le suma la falta de políticas claras y actualizadas para regular el manejo y valoración de residuos (Ospina-Mateus *et al.*, 2023) lo que genera desigualdad entre productores.

En particular, los pequeños y medianos productores enfrentan mayores retos debido a la falta de financiamiento y a los altos costos de inversión, operación y mantenimiento. Esto limita su capacidad para procesar grandes volúmenes de residuos y aprovechar su potencial.

La Economía Circular y su brazo articulador, la Bioeconomía, son la base para avanzar hacia sistemas alimentarios sostenibles y reducir los residuos y subproductos agroindustriales. Chile, Argentina, Ecuador, Costa Rica, Paraguay, entre otros, ya cuentan con Planes Nacionales de EC o Bioeconomía. Estados Unidos, también estableció la Estrategia Nacional para Reducir las Pérdidas y el Desperdicio de Alimentos y los Orgánicos Reciclables EPA, USDA, 2024, lo que destaca la relevancia a nivel global del tema. En México, esta agenda aún está pendiente, con algunos avances, como la Estrategia de Bioeconomía Agrícola para México (ESBAM) (SADER, 2024).

Ante este panorama, es necesario fortalecer políticas públicas, fomentar la transferencia tecnológica y brindar apoyo a productores locales. Solo así se podrá avanzar hacia un modelo de aprovechamiento integral, sostenible y equitativo, donde los residuos sean fuente de desarrollo económico, social y ambiental.

Conclusiones

El aprovechamiento de residuos agroindustriales ofrece una oportunidad concreta para reducir pérdidas y desperdicios de alimentos, alineándose con los Objetivos del Desarrollo Sustentable impulsados por la ONU, FAO, PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). Ejemplos como residuos de agave, calabaza semillera, la jícama de descarte y la granza de frijol muestran que su valorización no solo disminuye el impacto ambiental, sino que impulsa la innovación y el desarrollo de productos con valor agregado. Transformar estos residuos en recursos útiles promueve una bioeconomía circular en el sector agroalimentario mexicano y representa un paso esencial hacia un futuro más sostenible y eficiente.

Bibliografía

- Álvarez-Chávez, J., Castrejón, A., Gaytán-Martínez, M., & Ramírez-Jiménez, A. K. (2024). Agave Bagasse from the Mezcal Industry Processed with Emerging Technologies: A Sustainable Source of Bioactive Compounds. *SSRN*. <https://doi.org/dx.doi.org/10.2139/ssrn.4778400>
- Avendaño-Rito, M. C., Aquino-Gonzalez, L. V., & Martínez-Vargas, A. (2023). FEASIBILITY OF USE OF AGAVE ANGUSTIFOLIA HAW BAGASSE PULP AS A FOOD ADDITIVE. *IPSUMTEC*, 6(6). https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5e1f5a3d41143.pdf
- Avila-Galván, A. M., Morales-Castro, J., Ruíz-Leza, H. A., Manzanares-Meza, O., Morales-Contreras, B. E., Guerra-Rosas, M. I., & Rosas-Flores, W. (2024). La segunda vida del agave: Nuevas aplicaciones para residuos agroindustriales de las industrias del tequila y mezcal. *Frontera Biotecnológica* (29). <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol29/pdf/vol-29L-4.pdf>

- COMERCAM. (2024). Informe 2024. Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal. https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2024/04/PUBLICO_INFORME_2024.pdf
- Contreras-Hernandez, M. G., Ochoa-Martinez, L. A., Rutiaga-Quinones, J. G., Rocha-Guzman, N. E., Lara-Ceniceros, T. E., Contreras-Esquivel, J. C., Prado Barragan, L. A., & Rutiaga-Quinones, O. M. (2018). Effect of ultrasound pre-treatment on the physicochemical composition of Agave durangensis leaves and potential enzyme production. *Bioresour Technol*, 249, 439-446. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.10.009>
- Fernández-Valenciano, A. F., & Sánchez-Chávez, E. (2016). Study of physicochemical properties and nutritional quality in different varieties of beans consumed in Mexico. *Nova Scientia*, 9(18), 133-148.
- Choudhury, D. B., Gul, K., Sehrawat, R., Mir, N. A., & Ali, A. (2025). Unveiling the potential of bean proteins: Extraction methods, functional and structural properties, modification techniques, physiological benefits, and diverse food applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 295, 139578. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.139578>
- García-Ríos, B. A., Morales-Contreras, B. E., Peña-Cháidez, J. E., Fonseca-Florido, H. A., Morales-Castro, J., Wicker, L., & Rosas-Flores, W. (2024). Low Amylose Starch from Discarded Jicama Tubers (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urb.) and Its Techno-Functional Characterization. *Waste and Biomass Valorization*, 15(2), 743-753. <https://doi.org/10.1007/s12649-023-02191-8>
- Huang, J., Yu, M., Wang, S., & Shi, X. (2023). Effects of jicama (*Pachyrhizus erosus* L.) non-starch polysaccharides with different molecular weights on structural and physicochemical properties of jicama starch. *Food Hydrocolloids*, 139, 108502. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108502>
- Hussain, A., Kausar, T., Din, A., Murtaza, M. A., Jamil, M. A., Noreen, S., Rehman, H. U., Shabbir, H., & Ramzan, M. A. (2021). Determination of total phenolic, flavonoid, carotenoid, and mineral contents in peel, flesh, and seeds of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(6). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15542>
- Mali, P. S., & Kumar, P. (2023). Optimization of microwave assisted extraction of bioactive compounds from black bean waste and evaluation of its antioxidant and antidiabetic potential in vitro. *Food Chemistry Advances*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100543>
- Moncayo Luján, M. D. R., Reyes Munguía, A., & Carrillo Inungaray, M. L. (2018). Aprovechamiento de subproductos agronómicos. *Tlatemoani: Revista Académica de Investigación*, 9(29), 115–127. <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/index.html>
- Ospina-Mateus, H., Marrugo-Salas, L., Castilla Castilla, L., Castellón, L., Cantillo, A., Bolívar, L. M., Salas-Navarro, K., & Zamora-Musa, R. (2023). Analysis in circular economy research in Latin America: A bibliometric review. *Heliyon*, 9(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19999>
- Peña-Cháidez, J. E., Rosas-Flores, W., Salazar-Montoya, J. A., Morales-Contreras, B. E., Gallegos-Infante, J. A., Morales-Castro, J., & Medrano-Roldán, H. (2021). Rheological and thermal characterization of pinto saltito bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein isolates/sodium alginate gels. *Lwt*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111419>
- Portillo-López, R., Morales-Contreras, B. E., Lozano-Guzmán, E., Basilio-Heredia, J., Muy-Rangel, M. D., Ochoa-Martínez, L. A., Rosas-Flores, W., & Morales-Castro, J. (2021). Vegetable oils as green solvents for carotenoid extraction from pumpkin (*Cucurbita argyrosperma* Huber) byproducts: Optimization of extraction parameters. *Journal of Food Science*, 86(7), 3122-3136. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15815>
- Punia, S., Dhull, S. B., Sandhu, K. S., Kaur, M., & Purewal, S. S. (2020). Kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) starch: A review. *Legume Science*, 2(3), e52. <https://doi.org/10.1002/leg3.52>
- Quintero-Herrera, S., Zwolinski, P., Evrard, D., Cano-Gómez, J. J., & Rivas-García, P. (2023). Turning food loss and waste into animal feed: A Mexican spatial inventory of potential generation of agro-industrial wastes for livestock feed. *Sustainable Production and Consumption*, 41, 36-48. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.07.023>
- Ramírez-Balboa, G., Balois-Morales, R., León-Fernández, A. E., Bautista-Rosales, P. U., Jiménez-Zurita, J. O., & Montalvo-González, E. (2023). Caracterización físicoquímica y proximal de almidón y harina de jicama (*Pachyrhizus erosus* L.). *Revista Bio Ciencias*, 10. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1427>
- Rosas Flores, W., & Graciano de la Cruz, V. G. (2020). Granza de frijol: ¿Un subproducto con valor comercial? *Revista Sapiens*, 1(3), 24–25. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango (COCyTED). <https://cocytcd.mx/REVISTASAPIENS/ejemplares/a1/n3/RevistaSapiens.pdf>
- SADER, S. de A. y D. R. (2024). Propuesta de Estrategia Sectorial de Bioeconomía Agrícola para México. <https://www.gob.mx/agricultura/documentos/propuesta-de-estrategia-sectorial-de-bioeconomia-agricola-para-mexico>
- SENASICA. (2023). Panorama del Sector Agrícola. <https://di.senasica.gob.mx/SIAS/Statistics/Transversal/PanoramaAgricola>
- Shiva, Rodríguez-Jasso, R. M., Rosero-Chasoy, G., López-Sandín, I., Morais, A. R. C., & Ruiz, H. A. (2022). Enzymatic Hydrolysis, Kinetic Modeling of Hemicellulose Fraction, and Energy Efficiency of Autohydrolysis Pretreatment Using Agave Bagasse. *BioEnergy Research*, 16(1), 75-87. <https://doi.org/10.1007/s12155-022-10442-0>
- Ubando, A. T., Felix, C. B., & Chen, W.-H. (2020). Biorefineries in circular bioeconomy: A comprehensive review. *Bioresour Technol*, 299, 122585. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122585>
- Velasco-Velasco, J., Gómez-Merino, F. C., Hernández-Cázares, A. S., Salinas-Ruiz, J., & Guerrero-Peña, A. (2017). Residuos orgánicos de la agroindustria azucarera: Retos y oportunidades. *Agro Productividad*, 10(11), 99–104
- Venugopal, V. (2022). Green processing of seafood waste biomass towards blue economy. *Current Research in Environmental Sustainability*, 4, 100164. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2022.100164>
- WRAP. (2019). WRAP ANNUAL REVIEW April 2018 March 2019. <https://www.wrap.ngo/resources/report/wrap-annual-review-2018-19>