



RESIDUOS AGROALIMENTARIOS ¿QUÉ SON? ¿QUIÉN LOS GENERA? Y ¿POR QUÉ SON VALIOSOS?

Elsa Díaz-Montes

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional, Av. Acueducto s/n, Barrio La Laguna Ticomán, Ciudad de México 07340, México. Contacto: elsadimo123@gmail.com; ediazm1500@alumno.ipn.mx

RESUMEN

LA GENERACIÓN DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS ES INEVITABLE DEBIDO AL PROCESAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS Y ANIMALES PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS. SIN EMBARGO, EL CRECIMIENTO POBLACIONAL REQUIERE AUMENTAR LA DEMANDA ALIMENTICIA PARA SUBSISTIR, LO QUE PROVOCA UN INCREMENTO DESMEDIDO EN LA CANTIDAD DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS. EN LA ACTUALIDAD, ESTOS RESIDUOS FORMAN PARTE DEL PROBLEMA AMBIENTAL EN MÉXICO Y EN EL MUNDO, POR ELLO, EXPERTOS EN EL ÁREA Y NUEVOS INVESTIGADORES HAN ESTADO BUSCANDO PROPUESTAS PARA DARLES UN TRATAMIENTO PARA REDUCIR SU EFECTO EN EL AMBIENTE, REUTILIZARLOS COMO MATERIA PRIMA O EMPLEARLOS COMO FUENTES DE COMPONENTES DE INTERÉS. EL OBJETIVO DE ESTE ARTÍCULO ES INFORMAR SOBRE LAS FUENTES DE GENERACIÓN, CLASIFICACIÓN Y EL PAPEL DE MÉXICO Y DEL MUNDO RESPECTO AL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS AGROALIMENTARIOS.

PALABRAS CLAVE

RESIDUOS AGROALIMENTARIOS, RESIDUOS AGRÍCOLAS, DESPERDICIOS, SUBPRODUCTOS, COMPONENTES BIOACTIVOS.

ABSTRACT

The generation of agro-food residues is inevitable due to the processing of raw materials and animals for food production. However, population growth requires an increase in food demand to survive, which causes a disproportionate increase in the number of agro-food residues. Nowadays, these residues are part of the environmental problem in Mexico and in the world, therefore, experts in the area and new researchers have been looking for proposals to treat them to reduce their effect on the environment, reuse them as raw material, or use them as sources of components of interest. The aim of this article is to report about the sources of generation, classification and the role of Mexico and the world regarding the use of agro-food residues.

Keywords

Agro-food residues, agricultural residues, waste, by-products, bioactive components.



I. INTRODUCCIÓN: AGROINDUSTRIA

La agroindustria es la actividad económica que involucra la generación, industrialización y comercialización de los recursos naturales, forestales y agropecuarios, así como sus productos derivados (FIRCO, 2017). La categoría alimentaria de la agroindustria o también llamada industria agroalimentaria, opera transformando la riqueza forestal y los productos obtenidos de la pesca, avicultura, ganadería y agricultura en alimentos y bebidas procesadas o ultraprocesadas destinadas al consumo humano y animal o a la producción de insumos industriales (SADER, 2016).

I.1. ACTIVIDADES AGROALIMENTARIAS EN MÉXICO

Las principales actividades de la industria agroalimentaria en México son la agricultura y la ganadería (INEGI, 2019). De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2021) se han implementado estrategias y acciones para garantizar la alimentación de la población, las cuales pretenden cumplir tres objetivos: 1) lograr la autosuficiencia agroalimentaria, 2) lograr el aprovechamiento del potencial productivo de cada región del país, y 3) lograr prácticas sostenibles en las actividades agropecuarias y pesqueras. No obstante, para el cumplimiento de los objetivos es necesario un incremento en la productividad y producción de los cultivos y la crianza de animales.

La Figura 1 presenta la producción de los principales cultivos primarios (frutas, verduras, cereales y granos) y derivados (alimentos procesados), así como ganadería primaria (carnes) y procesada (lácteos), reportada en el último periodo (año 2020) registrado en la base de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2020).

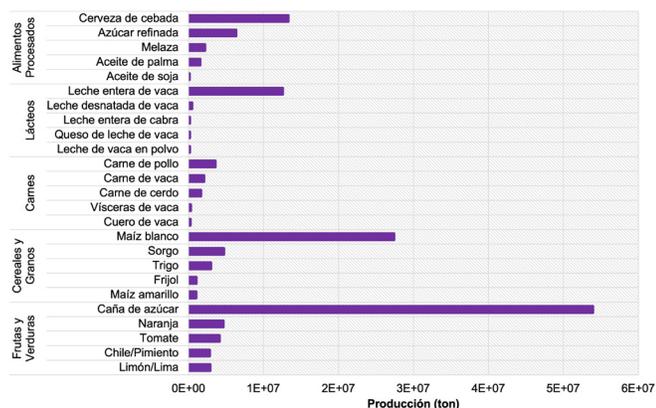


Figura 1. Cultivos y productos de ganadería en México. Consultado de FAO (2020).

I.2. INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS EN MÉXICO

México es la décima potencia de producción de alimentos y

bebidas a nivel mundial, mientras que ocupa el primer lugar en consumo de alimentos procesados de América Latina (Morales Alquicira et al., 2020). De acuerdo con base de datos Statista (2022), las principales empresas multinacionales del sector agroalimentario se pueden clasificar en tres grupos con base en sus ventas anuales: alimentos (aprox. 1033 miles de millones de MXN), bebidas no alcohólicas (aprox. 388 miles de millones de MXN) y bebidas alcohólicas (aprox. 211 miles de millones de MXN). Las empresas de alimentos están lideradas por Grupo Bimbo con el 33.8% de las ventas, seguida de Sigma Alimentos (13.4% de ventas) y Gruma (9.1% de ventas); la distribución de bebidas no alcohólicas la encabeza Coca-Cola FEMSA con el 30.5% de ventas, seguido por Arca Continental (28.2% de ventas) y Grupo Jumex (2.8% de ventas); mientras que la mayor venta de bebidas alcohólicas la tiene Grupo Modelo AB-InBev (14.5% de ventas), Heineken México (12.5% de ventas) y José Cuervo (5.8% de ventas).

2. RESIDUOS AGROALIMENTARIOS

Los residuos agroalimentarios son aquellos que son generados por las industrias del sector agroalimentario, en cualquiera de las fases de sus procesos, es decir, desde la cosecha/crianza hasta el producto terminado (Castro-Muñoz et al., 2022). Los estudios demuestran que la industria agroalimentaria genera la mayor cantidad de residuos (44%) en comparación con el resto de las industrias (p. Ej., textil y de construcción) (Hodaifa et al., 2018). Se estima que hasta un tercio de los alimentos producidos en el mundo (1.3 mil millones de toneladas) terminan como residuos (Benítez, 2020), debido a que sufren un deterioro natural o inducido durante sus tratamientos; además, del hecho de que los alimentos naturales no son totalmente comestibles y no pueden ser aprovechados al 100% (Baiano, 2014).

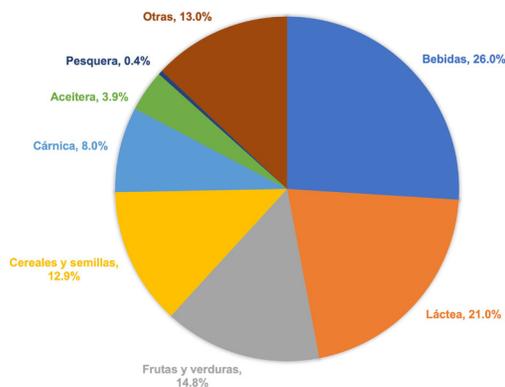


Figura 1. Cultivos y productos de ganadería en México. Consultado de FAO (2020).

La Figura 2 muestra la distribución general de residuos agrícolas y de proceso generados en las diversas industrias del sector agroalimentario en el mundo. Como se aprecia, la industria dedicada a la producción de bebidas es la que

genera el mayor porcentaje de residuos (26%), mientras que, la industria pesquera el menor porcentaje de residuos (0.4%).

El manejo de residuos de la industria agroalimentaria no está mediado, en la mayoría de los países del mundo, por un poder legislativo que exija su correcto tratamiento previo a la disposición final; por lo que su inadecuada gestión provoca un impacto ambiental sobre la vida acuática y la calidad del suelo, por lo que implican un problema serio a nivel mundial (Nayak & Bhushan, 2019). Estos residuos pueden clasificarse de acuerdo el tipo de residuo en dos grupos generales, los residuos agrícolas o desperdicios y los residuos de proceso o subproductos, tal como se esquematiza en la Figura 3. Los desperdicios son generados durante la cosecha y postcosecha, mientras que, los subproductos se generan durante los procesos industriales como resultado del tratamiento de las materias primas (Castro-Muñoz et al., 2022).

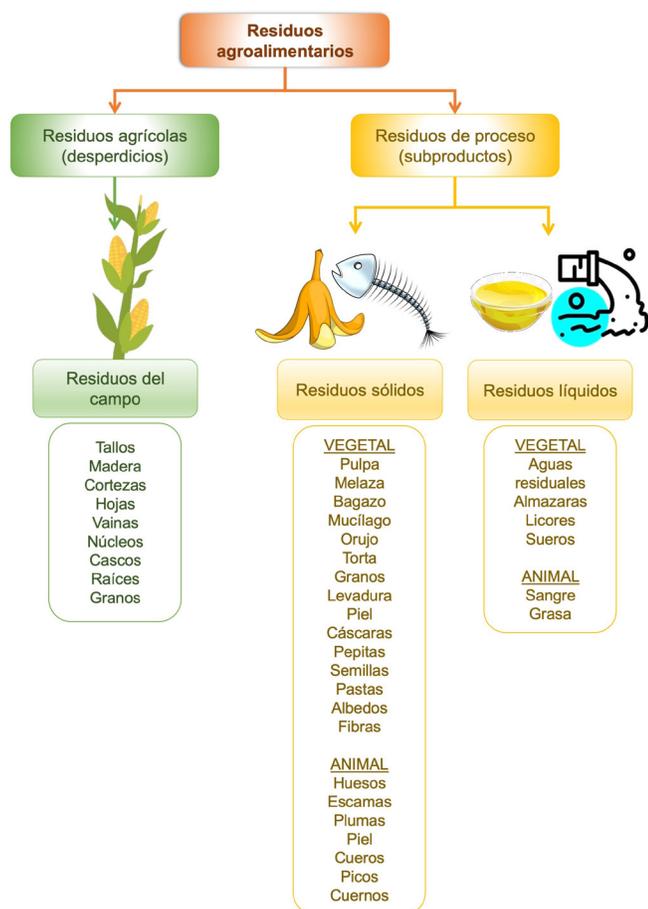


Figura 3. Clasificación de desperdicios y subproductos de la industria agroalimentaria. Modificado de Castro-Muñoz et al. (2022). Imágenes ilustrativas tomadas de [Pngtree](#).

2.1. RESIDUOS AGROALIMENTARIOS EN MÉXICO

El procesamiento de cultivos y productos de ganadería resulta en la generación inevitable de residuos agroalimentarios. A continuación, se describe brevemente los procesos,

rendimientos y residuos agroalimentarios generados durante la obtención de alimentos a partir de los principales cultivos/animales en México (Figura 1).

El azúcar de caña se obtiene mediante un proceso de nueve etapas: corte de caña, molienda, calentamiento, clarificación, filtración, evaporación, cristalización, secado y refinación (SADER, 2019). Durante cada etapa se obtienen residuos del campo (hojas y tallos secos), residuos sólidos (bagazo, melazas crudas y torta) y residuos líquidos (vinazas) (Valeiro et al., 2017). De acuerdo con los datos oficiales del Ingenio la Joya (GAT, 2022) el rendimiento en la producción de azúcar es el 10.8% respecto a las toneladas de caña molida (etapa 2); lo que indica que el resto se conforma de residuos agroalimentarios y subproductos (p. Ej., melazas finas y destilados).

La cerveza de cebada se obtiene mediante un proceso de siete etapas: corte de materias primas (cebada y lúpulo), malteado, molienda/maceración, filtración de mosto, cocción, fermentación y maduración (CERVECISTAS, 2022). El tipo y cantidad de malta (cereales germinados) determinan el rendimiento de la cerveza, sin embargo, los datos sugieren que de manera general se encuentra entre 70 y 80% (TRES JOTAS, 2020); lo que significa que el 20-30% se convierten en residuos agroalimentarios (p. Ej. levaduras gastadas, bagazo y lixiviados) (INTEREMPRESAS, 2021).

La obtención de aceite de palma se realiza mediante prensaje mecánico, extracción con disolventes y destilación (LEGISCOMEX, 2015; Woittiez et al., 2018). Los estudios de rendimiento indican que se producen 10-25 ton/ha de palmas, sin embargo, durante el procesamiento del aceite apenas se obtiene entre 3 y 12 ton/aceite/ha de palmas (CEDRSSA, 2015). De tal manera que, entre el 30 y 40% de las palmas corresponde a residuos agroindustriales (raquis, huesos y fibras) (Pineda-Ayala & Durán-Herrera, 2019).

El proceso de elaboración de queso depende del tipo de producto (p. Ej., botanero, panela o Chiapas), sin embargo, dentro de los procedimientos generales se encuentran: filtración, calentamiento/enfriamiento, aplicación/corte de cuajo, corte de cuajada, pasteurizado, desuerado/salado y modelado (Pérez & Martínez, 2011). Durante el proceso se producen entre 9 y 15 kg de queso por cada 100 L de leche, y un suero considerado como el principal residuo (INDESOL, 2022).

2.1. RESIDUOS AGROALIMENTARIOS EN MÉXICO

El procesamiento de cultivos y productos de ganadería resulta en la generación inevitable de residuos agroalimentarios. A continuación, se describe brevemente los procesos, rendimientos y residuos agroalimentarios generados durante la obtención de alimentos a partir de los principales cultivos/animales en México (Figura 1).

El azúcar de caña se obtiene mediante un proceso de nueve etapas: corte de caña, molienda, calentamiento, clarificación, filtración, evaporación, cristalización, secado y refinación (SADER, 2019). Durante cada etapa se obtienen residuos del campo (hojas y tallos secos), residuos sólidos (bagazo, melazas crudas y torta) y residuos líquidos (vinazas) (Valeiro et al., 2017). De acuerdo con los datos oficiales del Ingenio la Joya (GAT, 2022) el rendimiento en la producción de azúcar es el 10.8% respecto a las toneladas de caña molida (etapa 2); lo que indica que el resto se conforma de residuos agroalimentarios y subproductos (p. Ej., melazas finas y destilados).

La cerveza de cebada se obtiene mediante un proceso de siete etapas: corte de materias primas (cebada y lúpulo), malteado, molienda/maceración, filtración de mosto, cocción, fermentación y maduración (CERVECISTAS, 2022). El tipo y cantidad de malta (cereales germinados) determinan el rendimiento de la cerveza, sin embargo, los datos sugieren que de manera general se encuentra entre 70 y 80% (TRES JOTAS, 2020); lo que significa que el 20-30% se convierten en residuos agroalimentarios (p. Ej. levaduras gastadas, bagazo y lixiviados) (INTEREMPRESAS, 2021). La obtención de aceite de palma se realiza mediante prensaje mecánico, extracción con disolventes y destilación (LEGISCOMEX, 2015; Woittiez et al., 2018). Los estudios de rendimiento indican que se producen 10-25 ton/ha de palmas, sin embargo, durante el procesamiento del aceite apenas se obtiene entre 3 y 12 ton/aceite/ha de palmas (CEDRSSA, 2015). De tal manera que, entre el 30 y 40% de las palmas corresponde a residuos agroindustriales (raquis, huesos y fibras) (Pineda-Ayala & Durán-Herrera, 2019).

El proceso de elaboración de queso depende del tipo de producto (p. Ej., botanero, panela o Chiapas), sin embargo, dentro de los procedimientos generales se encuentran: filtración, calentamiento/enfriamiento, aplicación/corte de cuajo, corte de cuajada, pasteurizado, desuerado/salado y modelado (Pérez & Martínez, 2011). Durante el proceso se producen entre 9 y 15 kg de queso por cada 100 L de leche, y un suero considerado como el principal residuo (INDESOL, 2022).

El procesamiento de la carne de pollo se puede clasificar en dos procesos, antes y después del sacrificio; el proceso antimorten se basa en la alimentación/crecimiento de los animales, mientras que el proceso postmortem se aplica para obtener de la carne. El procesamiento de la carne se compone de siete etapas: desangrado, escaldado, desplume, corte/lavado, eviscerado, enfriamiento y deshuesado; de las cuales se aprovecha el 72% del tejido muscular y adiposo, y el resto pasa a ser residuo agroindustrial (huesos, piel y grasa) (Rodríguez, 2011).

3. APROVECHAMIENTO DE

RESIDUOS AGROALIMENTARIOS

Los residuos agrícolas (hojas, tallos, granos, etc.) tienen alto contenido en material sólido que pueden tratarse como emplearse en la alimentación animal o como materia orgánica de compostaje (CONADESUCA, 2016). Además, se ha reportado que los residuos de proceso (bagazo, semillas, cáscaras, etc.) son fuentes importantes de compuestos con interés comercial (compuestos bioactivos) debido a su composición química y propiedades bioactivas y funcionales (Marić et al., 2018).

3.1. COMPONENTES BIOACTIVOS

EXTRAÍDOS DE RESIDUOS

AGROALIMENTARIOS

Durante la última década, se ha extraído una amplia variedad de compuestos bioactivos como polisacáridos, proteínas, fibras, glucosinolatos, carotenoides, vitaminas, minerales y aromas (Bunaciu et al., 2015; Deng et al., 2015; Galanakis, 2015), de residuos agroindustriales como cáscaras, fracciones de semillas y melazas (Fierascu et al., 2019). La Figura 4 resume los componentes bioactivos extraídos de residuos agroalimentarios (residuos agrícolas y subproductos).



Figura 4. Componentes bioactivos extraídos de residuos agroindustriales. Adaptado de Leyva-López et al. (2020), Gomes-Araújo et al. (2021), Castro-Muñoz et al. (2022) y Souza et al. (2022). Imágenes ilustrativas tomadas de [Residuos](#), [Almazara](#) y [AgroSíntesis](#).

Los componentes bioactivos sin aporte calórico (p. Ej., carotenoides, vitaminas y minerales), producen efectos fisiológicos y terapéuticos en los consumidores (Santos

et al., 2019), además, reducen el estrés oxidativo, combaten los problemas metabólicos y disminuyen el riesgo de contraer enfermedades cardíacas, mentales (Alzheimer) y crónicas (cáncer y diabetes) (Hassimotto et al., 2009; Siriwardhana et al., 2013). Los componentes bioactivos con aporte calórico (p. Ej., carbohidratos, fibras, azúcares y gomas), son particularmente macronutrientes que al metabolizarse o digerirse en el organismo, producen energía para sus funciones vitales (respirar y moverse) o simplemente se almacenan como reservas de energía (Carreiro et al., 2016).

3.2. APLICACIÓN DE RESIDUOS

AGROALIMENTARIOS

La manera más sencilla de aprovechar los residuos agroalimentarios es mediante su uso en compost, como un fertilizante natural para enriquecer el suelo; con lo cual se produce un ahorro económico por el remplazo de fertilizantes químicos y se reduce la cantidad de residuos orgánicos generados (Rashid & Shahzad, 2021). La conversión de residuos agroindustriales también puede enfocarse a la producción de energía o biocombustibles, dependiendo de su transformación; por ejemplo, la transformación biológica incluye digestiones anaeróbicas o fermentaciones, mientras que la transformación termoquímica se apoya de procesos como incineración, pirolisis/gasificación y carbonización hidrotermal (Pham et al., 2015). Estudios reportados indican que los residuos de aceites vegetales, papel, y material orgánico se pueden procesar de manera biológica para producir biodiesel o biogás (Tu et al., 2015). Los residuos de comida como carne, arroz, frutas y verduras pueden convertirse en biometano mediante digestiones anaerobias (Browne & Murphy, 2013). Mientras que, los residuos del campo pueden incinerarse para producir calor y energía eléctrica (Pham et al., 2015). Por otro lado, la composición química de los residuos agroindustriales permite su empleo como alimentos de ganado, por ejemplo, se demostró que la incorporación de granos, residuos de aceite, pulpas/melazas de caña de azúcar y cáscaras de papa en la alimentación de cerdos, los nutre sin modificar la calidad de su carne (Elferink & Moll, 2008). Además, la alimentación de vacas con frutas (p. Ej., naranjas, melones y sandía) y verduras (p. Ej., cebollas, pimientos y papas) de baja calidad para el humano, forma parte de la llamada alimentación sostenible, ya que pueden sustituir nutrientes importantes para el ganado, al mismo tiempo que se aprovechan productos no consumidos por el humano (Dou et al., 2022). También se han elaborado productos de panadería (galletas, pan y panqueques) (Melini et al., 2020), cereales, pastas, quesos y bebidas fermentadas de consumo humano con la incorporación de residuos agroalimentarios como pulpas, semillas, cáscaras y bagazos; los cuales han demostrado un incremento en su

valor nutricional y aporte calórico (Rodrigues et al., 2022).

La industria alimentaria, además de la producción de alimentos, está centrada en la innovación bioempaques que puedan sustituir a los empaques tradicionales a base de materiales sintéticos como plástico, cartón y vidrio (Visco et al., 2022). Por lo ello, los polímeros como carbohidratos, fibras y gomas que se extraen de los residuos agroindustriales resultan ser una fuente alternativa que apoya la sustentabilidad y la innovación tecnológica (Díaz Montes, 2022). Por ejemplo, el empleo de residuos agroindustriales en la generación de películas biodegradables impacta a nivel ambiental pero mayormente a nivel económico, debido a que el gasto en materiales poliméricos se reduce al darle un valor agregado de un desperdicio. Tal es el caso de la incorporación de polihidroxibutirato extraído de cáscara de papa en películas de ácido poliláctico redujo considerablemente la inversión de los materiales formadores de las películas biodegradables (Tassinari et al., 2022). Otra aplicación estudiada de los residuos agroindustriales de papas, coliflor, zanahorias, calabacitas, manzana, limón y naranja es el tratamiento de aguas residuales, debido a su capacidad como absorbentes de contaminantes (p. Ej., cobre, cadmio y paladio) (Matei et al., 2021).

4. COMENTARIOS FINALES

La industria agroalimentaria es de las más importantes a nivel mundial, debido a que está relacionada directamente con la alimentación. México basa su producción de las actividades de agricultura, ganadería y pesca; por lo que es importante para su sistema económico. No obstante, las iniciativas para procesar alimentos en forma sustentable promueven no solo el tratamiento de residuos agroindustriales, sino también su reusó. Por ejemplo, para actividades de composteo, alimento humano y de ganado, materiales biodegradables, tratamiento de aguas residuales y extracción de componentes con valor agregado. El interés de los componentes bioactivos extraídos de residuos agroalimentarios radica en su posible aplicación/empleo como aditivos alimentarios, alimentos funcionales, nutracéuticos, cosméticos, farmacéuticos y como parte del bioenvasado.

5. REFERENCIAS

- Baiano A. (2014). Recovery of biomolecules from food wastes—A review. *Molecules* (Basel, Switzerland). 19(9): 14821-14842.
- Benítez RO. (2020). Losses and food waste in Latin America and the Caribbean [online]. FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean. Available from <https://www.fao.org/americas/noticias/en> [consulta 12 septiembre 2022].
- Browne JD, Murphy JD. (2013). Assessment of the resource associated with biomethane from food waste. *Appl Energy*. 104: 170-177.

Bunaciu AA, Danet AF, Fleschin Ş, Aboul-Enein HY. (2015). Recent applications for in vitro antioxidant activity assay. *Crit. Rev. Anal Chem.* 46(5): 389-399.

Carreiro AL, Dhillon J, Gordon S, Jacobs AG, Higgins KA, McArthur BM, Redan BW, Rivera RL, Schmidt LR, Mattes RD. (2016). The macronutrients, appetite and energy intake. *Annu Rev Nutr.* 36: 73-103.

Castro-Muñoz R, Díaz-Montes E, Gontarek-Castro E, Boczkaj G, Galanakis CM. (2022). A comprehensive review on current and emerging technologies toward the valorization of bio-based wastes and by products from foods. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 21(1): 46-105.

CEDRSSA: Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. (2015). Situación actual de la palma de aceite [online]. Available from <http://www.cedrssa.gob.mx> [consulta 21 septiembre 2022].

CERVECISTAS. (2022). El proceso de fabricación de la cerveza [online]. Available from <https://www.loscervecistas.es> [consulta 22 septiembre 2022].

CONADESUCA: Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. (2016). Aprovechamiento de residuos de cosecha de la caña de azúcar. Nota Técnica Informativa del sector de la caña de azúcar. 1-6.

Deng Q, Zinoviadou KG, Galanakis CM, Orlie V, Grimi N, Vorobiev E, Lebovka N, Barba FJ. (2015). The effects of conventional and non-conventional processing on glucosinolates and its derived forms, isothiocyanates: Extraction, degradation, and applications. *Food Eng. Rev.* 7(3): 357-381.

Díaz-Montes E. (2022). Polysaccharide-Based Biodegradable Films: An Alternative in Food Packaging. *Polysaccharides.* 3(4): 761-775.

Dou Z, Toth JD, Pitta DW, Bender JS, Hennessy ML, Vecchiarelli B, Indugu N, Chen T, Li Y, Sherman R, Deutsch J, Hu B, Shurson GC, Parsons B, Baker LD. (2022). Proof of concept for developing novel feeds for cattle from wasted food and crop biomass to enhance agri-food system efficiency. *Sci Rep.* 12: 13630.

Elferink EV, Nonhebel S, Moll HC. (2008). Feeding livestock food residue and the consequences for the environmental impact of meat. *J Clean Prod.* 16: 1227-1233.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). Cultivos y productos de ganadería [online]. Available from <https://www.fao.org/faostat> [consulta 12 septiembre 2022].

Fierascu RC, Fierascu I, Avramescu SM, Sieniawska E. (2019). Recovery of natural antioxidants from agroindustrial side streams through advanced extraction techniques. *Molecules (Basel, Switzerland).* 24(23): 1-29.

FIRCO: Fideicomiso de Riesgo Compartido. (2017). Agroindustria en México [online]. Available from <https://www.gob.mx/firco> [consulta 19 septiembre 2022].

Galanakis CM. (2015). Separation of functional macromolecules and micromolecules: From ultrafiltration to the border of nanofiltration. *Trends Food Sci. Technol.* 42(1): 44-63.

GAT: Grupo Azucarero del Tropic. (2022). Ingenio la Joya: Producción [online]. Available from <https://gat.com.mx> [consulta 21 septiembre 2022].

Gomes-Araújo R, Martínez-Vázquez DG, Charles-Rodríguez AV, Rangel-Ortega S, Robledo-Olivo A. (2021). Bioactive Compounds from Agricultural Residues, Their Obtaining Techniques, and the Antimicrobial Effect as Postharvest Additives. *Int J Food Sci.* 9936722: 1-13.

Gutiérrez-Macías P, Montañez-Barragán B, Barragán-Huerta BE. (2015). A review of agro-food waste transformation into feedstock for use in fermentation. *Fresenius Environ Bull.* 24(11A): 3703-3716.

Hassimotto NMA, Genovese MI, Lajolo FM. (2009). Antioxidant capacity of Brazilian fruit, vegetables and commercially-frozen fruit pulps. *J. Food Compos. Anal.* 22(5): 394-396.

Hodaifa G, Agabo García C, Rodriguez-Perez S. (2018). Revalorization of agro-food residues as bioadsorbents for wastewater treatment. In *Aqueous phase adsorption – Theory, simulations and experiments*. Edited by Singh JK and Verma N. Taylor & Francis Group, LLC: 249-282 pp.

INDESOL: Instituto Nacional de Desarrollo Social. (2022). Manual de elaboración de quesos. Acervo del centro de documentación [online]. Available from <http://indesol.gob.mx> [consulta 23 septiembre 2022].

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019). Agricultura, ganadería y pesca [online]. Available from <https://www.inegi.org.mx> [consulta 19 septiembre 2022].

INTEREMPRESAS. (2021). Economía circular a partir de residuos de cerveza que crea riqueza y empleo verde [online]. Available from <https://www.interempresas.net/Bebidas> [consulta 22 septiembre 2022].

LEGISCOMEX. (2015). Inteligencia de Mercados – Estudio de aceites vegetales en México [online]. Available from <https://www.legiscomex.com> [consulta 22 septiembre 2022].

Leyva-López N, Lizárraga-Velázquez CE, Hernández C, Sánchez-Gutiérrez EY. (2020). Exploitation of Agro-Industrial Waste as Potential Source of Bioactive Compounds for Aquaculture. *Foods.* 9(7): 843.

Marić M, Grassino AN, Zhu Z, Barba FJ, Brnčić M, Rimac Brnčić S. (2018). An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and by products: Ultrasound-, microwaves-, and enzyme-assisted extraction. *Trends Food Sci. Technol.* 76: 28-37.

Matei E, Râpa M, Predescu AM, Turcanu AA, Vidu R, Predescu C, Bobirica C, Bobirica L, Orbeci C. (2021). Valorization of Agri-FoodWastes as Sustainable Eco-Materials for Wastewater Treatment: Current State and New Perspectives. *Materials.* 14: 4581.

Melini V, Melini F, Luziatelli F, Ruzzi M. (2020). Functional Ingredients from Agri-Food Waste: Effect of Inclusion Thereof on Phenolic Compound Content and Bioaccessibility in Bakery Products. *Antioxidants.* 9: 1216.

- Morales AA, Rendón TA, Guillén MIJ. (2020). La industria agroalimentaria y las grandes empresas. Repositorio de la RIICO. 12: 390-407.
- Nayak A, Bhushan B. (2019). An overview of the recent trends on the waste valorization techniques for food wastes. *Journal Environ Manag.* 233: 352-370.
- Pham TPT, Kaushik R, Parshetti GK, Mahmood R. (2015). Food waste-to-energy conversion technologies: Current status and future directions. *Waste Manag.* 38: 399-408.
- Pérez VL, Martínez ACO. (2011). Manual para la elaboración de productos derivados de la leche con valor agregado. Edited by Zamudio LJC, Sánchez, VJN, Urías PFA, Díaz VT, Martínez ACO and Castro, MO. Fundación Produce Sinaloa, A. C.: 1-35 pp.
- Pineda-Ayala DM, Durán-Herrera JE. (2019). Evaluación de residuos de raquis de palma de aceite como adsorbente para la remoción de tintes reactivos de soluciones acuosas. *Ing. Invest. y Tecnol.* 20(1): 1-9.
- Rashid MI, Shahzad K. (2021). Food waste recycling for compost production and its economic and environmental assessment as circular economy indicators of solid waste management. *J Clean Prod.* 317: 128467.
- Rodrigues JPB, Liberal A, Petropoulos SA, Ferreira ICFR, Olivera MBPP, Fernandes A, Barros L. (2022). Agri-Food Surplus, Waste and Loss as Sustainable Biobased Ingredients: A Review. *Molecules.* 27: 5200.
- Rodríguez SD. (2011). La carne de pollo (procesamiento). In AVITECNIA Manejo de las Aves Domésticas más comunes. Edited by Quintana LAJ. Trillas: 1-19 pp.
- SADER: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). Sector agroalimentario ¿cuánto lo conoces? [online]. Available from <https://www.gob.mx> [consulta 10 septiembre 2022].
- SADER: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). La producción de azúcar comienza en el ingenio [online]. Available from <https://www.gob.mx> [fecha de revisión 21 septiembre 2022].
- SADER: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). Sistema agroalimentario de México, un desafío de bienestar [online]. Available from <https://www.gob.mx> [consulta 19 septiembre 2022].
- Santos DI, Alexandre SJM, Vicente AA, Moldão-Martins M. (2019). Methods for determining bioavailability and bioaccessibility of bioactive compounds and nutrients In *Innovative Thermal and Non-Thermal Processing, Bioaccessibility and Bioavailability of Nutrients and Bioactive Compounds*. Edited by Barba FJ, Alexandre SJM, Cravotto G, and Lorenzo JM. Woodhead Publishing: 23-54 pp.
- Siriwardhana N, Kalupahana NS, Cekanova M, LeMieux M, Greer B, Moustaid-Moussa N. (2013). Modulation of adipose tissue inflammation by bioactive food compounds. *J. Nutr. Biochem.* 24(4): 613-623.
- Souza Mad, Vilas-Boas IT, Leite-da-Silva JM, Abrahão PdN, Teixeira-Costa BE, Veiga-Junior VF. (2022). Polysaccharides in Agro-Industrial Biomass Residues. *Polysaccharides.* 3: 95-120.
- Statista. (2022). Estadísticas: Bienes de consumo [online]. Available from <https://es.statista.com> [consulta 20 septiembre 2022].
- Tassinari G, Bassani A, Spigno G, Soregaroli C, Drabik D. (2022). Do biodegradable food packaging films from agro-food waste pay off? A costbenefit analysis in the context of Europe. *Sci Total Environ.* 856: 159101.
- TRES JOTAS: BEER CLUB. (2020). Calculadora de eficiencia de proceso cervecero [online]. Available from <https://tresjotasbeerclub.com/calculadora-de-eficiencia-de-proceso-cervecero> [consulta 22 septiembre 2022].
- Tu Q, Zhu C, McAvoy DC. (2015). Converting campus waste into renewable energy – A case study for the University of Cincinnati. *Waste Manag.* 39: 258-265.
- Valeiro A, Portocarrero R, Ullivarri E, Vallejo J. (2017). Los Residuos de la Industria Sucro-Alcoholera Argentina. Repositorio de la Serie: Gestión de residuos de la industria sucro-energética argentina. 1-16.
- Visco A, Scolaro C, Facchin M, Brahimi S, Belhamdi H, Gatto V, Beghetto V. (2022). Agri-Food Wastes for Bioplastics: European Prospective on Possible Applications in Their Second Life for a Circular Economy. *Polymers.* 14: 2752.
- Woittiez LS, van Wijk MT, Slingerland M, van Noordwijk M, Giller KE. (2018). Brechas de rendimiento en el cultivo de palma de aceite: una revisión cuantitativa de factores determinantes (Arenas C, trad.). *Revista Palmas.* 39(1): 16-68.

