

Aprovechamiento sustentable de algunos recursos naturales y procesados en el estado de Guanajuato

Sustainable use of some natural and processed resources in Guanajuato state

Luis Angel Xoca-Orozco, José de Jesús Flores-Sierra, Gustavo Hernández Mendoza, Raúl Reyes Bautista, Martín Barajas Segoviano, Lucero de Montserrat Ortiz Aguilar.

Tecnológico Nacional de México/ITS de Purísima del Rincón. Boulevard del valle, 2301 purísima del rincón, México.
Correspondencia: luis.xo@purisima.tecnm.mx

Resumen

Guanajuato es uno de los principales productores tanto en el sistema agroalimentario como en el de cuero-calzado y debido a eso es también se posiciona como uno de los mayores generadores de residuos derivados de dichas actividades. Esta revisión bibliográfica se concentra en exponer a detalle cuatro casos en donde se pone en evidencia procesos de investigación, desarrollo e innovación para el aprovechamiento de residuos: desarrollo de bebidas funcionales aprovechando el cultivos de caña y el jengibre, obtención de compuestos antioxidantes de residuos de cáscara de pitahaya, desarrollo de un producto antifúngico, para aplicación en campo, a partir de plantas consideradas parásitas y el aprovechamiento de residuos de la industria del curtido para obtener productos con alto valor agregado. Así mismo se destaca el impacto de las tecnologías de la información en el estado de Guanajuato como una herramienta estratégica para la generación de tecnologías en beneficio de los sistemas de aprovechamiento de residuos.

Palabras clave: residuos, agroalimentos, industria cuero-calzado, economía circular.

Introducción

Dos de los principales sectores estratégicos en el estado Guanajuato se centran en actividades referentes a la agroindustria y cuero-calzado (SE, 2017). En cuanto a la industria agroalimentaria se cuenta con que el estado es el principal productor a nivel nacional en brócoli, cebada en grano, coliflor y lechuga, mientras que también destaca en la producción de agave tequilero, alfalfa verde, arándano, avena forrajera, cebolla, pitahaya, chile, espárrago, caña de azúcar, frambuesa, fresa, frijol, guayaba, maíz, pepino, sorgo, trigo, uva y zarzamora. Así como también tiene participación en la producción de carne en canal de ave, avino, porcino y bovino, huevo y leche (SIAP, 2022). Por esas razones Guanajuato es considerado como el granero de México. Además, existe un desarrollo de la industria del cuero y calzado donde el estado se posiciona con 6,323 unidades económicas (equivalente al 72% del valor nacional) donde se realiza la actividad de “curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos”, con un valor de producción de más de 5 mil millones de pesos en el año 2022 (DataMéxico, 2022).

Ser uno de los principales productores en diferentes industrias representa también una serie de impactos ambientales considerables, por ejemplo, se estima que alrededor de un tercio de los alimentos producidos se pierde cada año en el camino del campo al plato (FAO, 2016). La producción y la eliminación excesivas de alimentos y la industria del calzado generan una serie de impactos ambientales, como emisiones de gases de efecto invernadero, el cambio de uso del suelo, la deforestación y la contaminación local del agua, entre otros (Wilts *et al.*, 2020).

Es por eso que en este trabajo se presenta una recopilación de casos especiales en los que se presentan áreas de oportunidad para generar un aprovechamiento de cuatro diferentes tipos de residuos, tales como, el cultivo de caña y el jengibre para generar alimentos funcionales, la obtención de compuestos antioxidantes de residuos de fruta de pitahaya, la generación de compuestos antifúngicos a partir de plantas consideradas parásitas y el aprovechamiento de residuos de la industria del curtido. Además, se hace énfasis en impacto de las tecnologías de la información en el estado de Guanajuato como una herramienta estratégica para la generación de tecnologías en beneficio de los sistemas de aprovechamiento de residuos.



Generación de residuos de agroindustria

Las pérdidas y residuos de la industria agroalimentaria se clasifican esencialmente en cuatro categorías a lo largo de la cadena de suministro de alimentos: (1) producción primaria y postcosecha; (2) procesamiento y fabricación; (3) venta al por mayor, venta al por menor de comestibles, servicio y distribución; y (4) consumo o residuos domésticos. Las pérdidas agrícolas son las derivadas de las actividades de cosecha debido a la baja calidad de los productos. La gestión postcosecha y la logística causan pérdidas de alimentos entre la granja y las instalaciones de procesamiento. Las pérdidas en el procesamiento se refieren a los derrames industriales y a la degradación de los alimentos. El desperdicio en la distribución surge en el sistema de mercado, y los desperdicios en el consumo son causados por los consumidores. Los desechos de frutas y verduras suelen estar entre los artículos más desperdiciados, seguidos de otros productos perecederos como los cereales y los productos lácteos, los huevos, la carne y el pescado (Figura 1). Suele haber una gran variación en las tasas de desperdicio de los distintos tipos de alimentos y de los diferentes países (Kosseva, 2020).

Debido al elevado consumo y a la transformación industrial de las partes comestibles de la fruta, en las grandes ciudades se generan grandes cantidades de residuos como las cáscaras y las semillas de las frutas (manzana, pera, naranja, granada y tomate), las pieles de los cítricos, los residuos del mango, los residuos de la piña, los residuos de otras frutas tropicales exóticas (aguacate, plátano, guayaba, jackfruit y longan), los residuos de la aceituna y el bagazo de la caña de azúcar. Además, las fracciones de la cáscara, la hoja o el tallo de la col, la coliflor, el apio, la col china, el cilantro, el pepino, la berenjena, la lechuga escarola, el hinojo, el jengibre, el pimiento verde, la raíz de loto, la patata, la colza, el cebollino y las espinacas pueden evaluarse como fuentes de fitoquímicos dietéticos y pueden utilizarse como productos extruidos, y la fibra dietética también se utiliza en forma de polvo manufacturado (Tokuşoğlu, 2018).

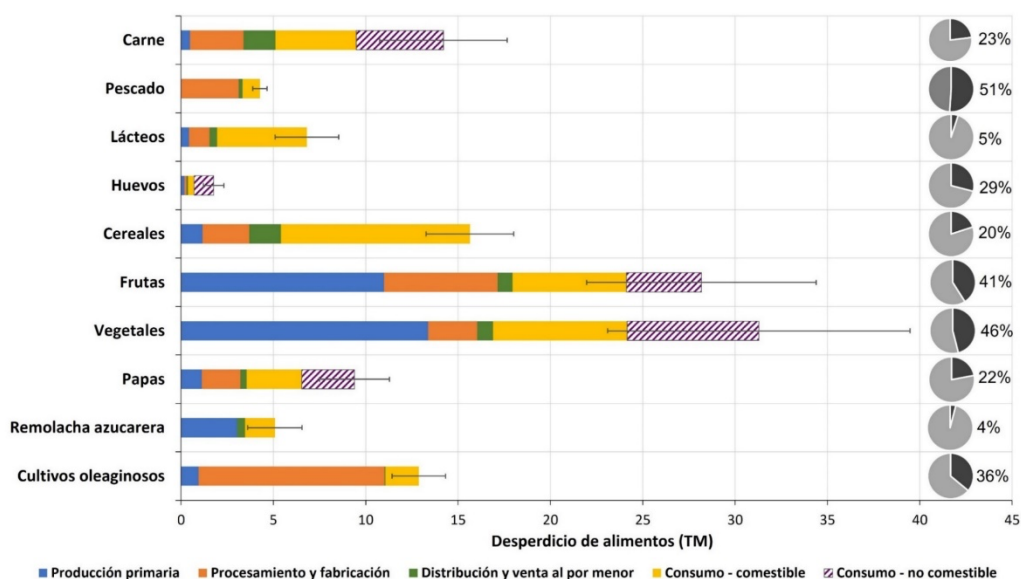


Figura 1. Cantidad total de residuos agroalimentarios. Izquierda: Cantidad total de residuos alimentarios (incluidos los componentes comestibles y no comestibles) calculada a lo largo de la cadena de suministro de alimentos para cada grupo de alimentos. Las barras de error representan el rango entre el valor mínimo y máximo del desperdicio de alimentos calculado para cada grupo debido a la variación asumida en los coeficientes utilizados para calcular el desperdicio de alimentos en la producción primaria, la distribución y el comercio minorista, y el consumo. Derecha: porcentaje de desperdicio de alimentos (gris oscuro) sobre el total de alimentos disponibles.
Fuente: Socas-Rodríguez et al., 2021.



Muchos experimentos han informado de la actividad antioxidante del zumo y la pulpa de frutas comestibles. Sin embargo, hay poca información sobre la actividad antioxidante en las cáscaras de las frutas. Las cáscaras suelen ser la parte de desecho de varias frutas. Por lo general, no se ha prestado mucha atención a estos residuos con vistas a su utilización o reciclaje en lugar de su vertido. Esto podría deberse a su falta de aplicación comercial. Curiosamente, las fracciones de cáscara y semilla de algunas frutas tienen una mayor actividad antioxidante que las fracciones de pulpa. Por ejemplo, la cáscara de la granada tiene una mayor actividad antioxidante que su pulpa. La semilla de uva tiene una capacidad antioxidante superior a la de su pulpa y es una rica fuente de proantocianidina, que es muy eficaz para eliminar diversas especies reactivas de radicales libres de oxígeno (Okonogi *et al.*, 2007). La cáscara de la pitahaya, que suele desecharse durante el procesamiento y termina como residuo y fuente de contaminación, representa aproximadamente el 33% del peso total de la fruta (Song *et al.*, 2016).

El aprovechamiento de residuos de cualquier industria entra en el tema de “economía circular”, este concepto incluye principios de los enfoques del ciclo de vida y “de la cuna a la cuna” –que consideran que los residuos son “alimentos” para nuevos productos y procesos– y se sustenta en la transición hacia fuentes de energía renovables. La transición hacia una economía circular es vital para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Schröder *et al.*, 2020).

Alimentos funcionales, una alternativa para el aprovechamiento de residuos agroindustriales

El término alimento funcional nació en Japón en los años ochenta, ya que las autoridades sanitarias se dieron cuenta que para controlar los gastos sanitarios de la población debían garantizar una mayor esperanza de vida; es así como se introdujo la necesidad de contar con alimentos que pudieran mejorar la salud de las personas y así reducir el riesgo de contraer enfermedades; en la misma década en Europa se consideró que el concepto de nutrición adecuada fuera sustituido por nutrición óptima contemplando así que algunos alimentos pudieran mejorar la salud de la población reduciendo el riesgo de desarrollar algunos padecimientos (Hernández, 2020, Selvamuthukumaran *et al.*, 2020).

Los alimentos funcionales tienen las siguientes características: se deben presentar en forma de alimentos de consumo cotidiano, su ingesta no debe producir efectos nocivos, debe poseer propiedades nutritivas y beneficiosas para el organismo, disminuye y/o previene el riesgo de contraer enfermedades, además de mejorar el estado de salud del individuo, deben demostrar efectos benéficos en cantidades que normalmente sean consumidos en la dieta. Se debe mencionar que aun cuando los alimentos funcionales generan beneficios lo ideal no solo es su consumo sino llevar a cabo acciones orientadas a lograr un estado óptimo de la salud (Selvamuthukumaran *et al.*, 2020).

Actualmente, gracias a los avances científicos y al desarrollo tecnológico, se busca encontrar una respuesta a los problemas de salud mencionados. Se pretende promover el consumo de alimentos que no solo proporcionen una nutrición básica, sino también beneficios adicionales para la salud y el bienestar de la población. Para lograr esto, se toman en cuenta las características genéticas, ambientales, sociales y culturales de las personas (Roberfroid, 1999). En el futuro, los alimentos ya no solo permitirán un óptimo crecimiento y desarrollo desde la gestación y en todas las etapas de la vida, sino que también tendrán la capacidad de potenciar habilidades físicas y mentales, aparte de reducir el riesgo de sufrir enfermedades crónico-degenerativas (Koletzko *et al.*, 1998).

En México, es imprescindible que se busque no solo la reducción del consumo de alimentos cuyo exceso puede ser perjudicial para la salud, como grasas y colesterol, sino también que se busquen aquellos que ofrezcan beneficios para la salud y contribuyan a retrasar la aparición de ciertas enfermedades. La obesidad en México ocupa el primer lugar en los problemas de salud pública, lo cual conduce a otra gran variedad de enfermedades como diabetes y problemas cardiovasculares (INEGI, 2020).



Investigación y desarrollo de nuevos productos funcionales, el caso del jugo de caña de azúcar y jengibre

El mercado actual de bebidas oferta una amplia y variada cantidad de productos, entre los cuales se pueden encontrar bebidas carbonatadas, con alcohol, bajas en sodio, reducidas o sin azúcares, infusiones herbales, bebidas energizantes, etc., en todo este segmento de mercado se ha comenzado a comercializar bebidas de bajo costo cuyas características destacan por ser naturales y poco procesadas además de presentar beneficios nutricionales al consumidor, es aquí donde aparecen las llamadas Bebidas Funcionales que ofrecen un beneficio a la salud del consumidor, ya que más allá de su contenido nutritivo, presentan compuestos nutraceuticos con actividades biológicas (tales como compuestos fenólicos, vitaminas, proteínas, fibras solubles, extractos, etc.).

Ante los cambios constantes en las hábitos, tecnología y competencia, el sector empresarial no puede depender solo de sus productos actuales. Los consumidores quieren y anticipan productos nuevos y mejorados. Las compañías se esfuerzan para generarlos y, por eso, muchas se dan cuenta de la necesidad de crear productos nuevos. Tal es el caso de la caña de azúcar, la cual asociamos a la obtención de sacarosa. Sin embargo, estudios recientes indican que las cualidades del jugo de caña de azúcar tienen un impacto en la salud del consumidor, por la presencia de importantes sustancias biológicamente activas. El jugo de caña de azúcar es ampliamente consumido por personas en regiones tropicales y subtropicales. Se ha utilizado para tratar la ictericia y la enfermedad hepática en el sistema médico indio. Las distintas variedades del fruto agrícola presentan propiedades antioxidantes y también pueden proteger contra el daño al ácido desoxirribonucleico, la capacidad del jugo de caña de azúcar para atrapar radicales libres, reducir los complejos de hierro e inhibir la peroxidación de lípidos (Kadam *et al.*, 2008). La caña de azúcar presenta una gran variedad de compuestos fenólicos y sus extractos han expuesto actividades biológicas importantes, incluyendo efectos antioxidantes, antiinflamatorios, anticoagulantes, inmunoestimulantes y antiestrés (Lo *et al.*, 2005; Duarte-Almeida *et al.*, 2006; Singh *et al.*, 2010). Así mismo, la pérdida de sacarosa y la formación de dextrana se relacionan con el estado de la caña de azúcar; este alto contenido de dextranas hace que derivados de caña de azúcar no presente las condiciones de aceptabilidad para su función como materia prima en la producción de algunos alimentos (Cuervo-Mulet, *et al.*, 2010). Debido a la presencia de altos contenidos de azúcares en el jugo, es susceptible a alteraciones físicas y químicas por parte de microorganismos presentes produciéndose una fermentación alcohólica; este riesgo se puede evitar sometiendo al jugo a pasteurización eliminando así los microorganismos responsables de la formación de etanol a partir de azúcares (Larrahondo, 1995).

Por otro lado, el jengibre es una planta herbácea perteneciente a la familia zingiberáceas, rizomatosa y perenne, de incluso 1 m de altura, posee un rizoma grueso, pulposo y nudoso, hojas puntiagudas, oblongas dispuestas a lo largo del tallo, flores sésiles amarillas aglutinadas en una aguja densa al extremo el tallo. Entre los primeros componentes activos en esta especie están los gingeroles: 6-gingerol, 6-shogaol, 8-gingerol y 10-gingerol exhiben una fuerte actividad antioxidante; además informaron que el 6-gingerol es el compuesto bioactivo más abundante en el jengibre y que este posee propiedades antioxidantes, analgésicas, antiinflamatorias y antipiréticas (Schwertner y Rios, 2007), responsables de su aroma y sabor. Se sabe que el gingerol y el shogaol en particular tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Kim *et al.*, 2005). En sus rizomas preponderan los aceites esenciales, resinas, grasas, carbohidratos y pigmentos; es posible encontrar gomas, almidón, fibra, proteína, hierro, fósforo, calcio, vitamina C, B1, B2 y B5 (Estrada *et al.*, 2013, Shahrjabian *et al.*, 2019). Como se menciona con anterioridad, entre sus componentes bioactivos se pueden encontrar fenoles y terpenos. Después de la hidrogenación, los shogaoles se pueden transformar en paradoles. Además, existen otras sustancias fenólicas como la quercetina, la zingerona, la gingerenona-A y la 6-deshidrogeningerdiona. La familia de terpenos en el jengibre, son bisaboleno, α -curcumeno, zingibereno, α -farneseno y β sesquiphellandreno, que se consideran los principales componentes de los aceites esenciales de jengibre (Mao *et al.*, 2019).



El caso de la fruta del dragón (pitahaya) y aprovechamiento para generar compuestos antioxidantes

La pitahaya, también conocida como fruta del dragón, pertenece al género *Hylocereus* (Ramírez-Rodríguez *et al.*, 2020). Existen varias especies de este fruto, sin embargo, entre las especies más cultivadas/explotadas alrededor del mundo es posible encontrar: *Hylocereus undatus*, *Hylocereus megalanthus*, *Hylocereus polyrhizus* y *Hylocereus constaricensis*. Cada especie tiene diferentes características. Las principales diferencias de estos frutos están relacionadas con el color que presentan la cáscara y la pulpa (Figura 2); así i) *H. undatus*, o pitaya de carne blanca, se presenta con cáscara rosada y pulpa blanca, ii) *H. megalanthus* o pitaya amarilla, con cáscara amarilla y pulpa blanca, iii) *H. polyrhizus* o pitaya de carne fucsia, con cáscara rojiza y iv) *H. constaricensis* o pitaya de carne roja, con cáscara rosa rojiza y pulpa roja (Roriz *et al.*, 2022).

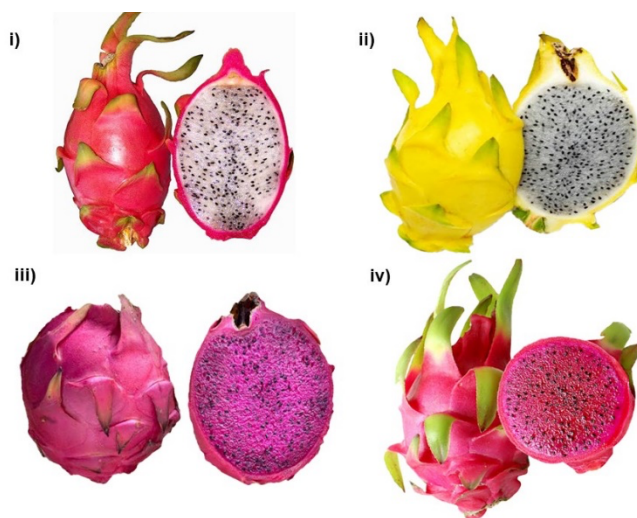


Figura 2. Las distintas especies de *Hylocereus* spp.: i) *H. undatus*, ii) *H. megalanthus*, iii) *H. polyrhizus* y iv) *H. constaricensis*. Adaptado de Ibrahim *et al.*, (2018), Jalgaonkar *et al.*, (2022), Joshi y Prabhakar (2020)

Los oligosacáridos de la fruta de pitahaya están relacionados con propiedades prebióticas. La cáscara contiene una gran cantidad de pectina e insoluble en fibra soluble. Además, el polvo preparado a partir de la fruta tiene potencial para usarse como colorante alimentario natural. Se ha reportado una cantidad significativa de pigmento de betacianina a partir de la piel. La inhibición en el crecimiento de células de melanoma también se informa a partir de extractos de piel de pitahaya roja. La ingesta de esta fruta también está relacionada con la reducción de la dislipidemia y la promoción de la capacidad de curación de heridas en ratas diabéticas. Las semillas contienen ácidos grasos esenciales dominados por ácidos linoleico y linolénico (Bhat y Paliyath, 2016).

La cáscara de la pitahaya se considera un residuo del consumo y procesamiento de la fruta y generalmente se desecha. Sin embargo, este residuo puede ser utilizado como materia prima para la extracción de pigmentos, debido a la presencia de betalainas que presentan un color atractivo y estable (de Mello *et al.*, 2014). El contenido fenólico total y la actividad captadora de radicales de las cáscaras de *H.undatus* y *H.polyrhizus* se han encontrado significativamente más altos que en la pulpa (Cheek *et al.*, 2016).

Aprovechamiento de plantas parásitas como estrategia para su control: caso del muérdago mexicano

El muérdago mexicano (*Psittacanthus calyculatus*), también conocido como injerto, es una planta hemiparásita que crece y se desarrolla sobre varias especies de árboles frutales y forestales en el centro y sur de México (Azpeitia y Lara, 2006). El muérdago mexicano es considerado como plaga, pues parasita algunas especies como encino, huizache, mezquite, aguacate entre otros. De acuerdo con el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, huizache y mezquite son dos especies afectadas la planta parásita del muérdago en el Área Natural Protegida del Cerro del Palente (DRN, 2017). Los daños que ocasiona esta planta parásita son pérdida de volumen maderable, disminución de la capacidad reproductiva por la baja producción de conos y semillas, la reducción del porcentaje de germinación de las semillas, además, los hace vulnerables a otras plagas y enfermedades. Cuando en las ramas y tallos de los árboles abundan plantas de muérdago se pueden provocar fracturas en las estructuras y, en el peor de los casos, ocasionan su muerte (Vázquez y Geils, 2017; Pérez, 2016). El mecanismo de dispersión de las semillas de muérdago verdadero es zoocoria; es decir, se dispersa con ayuda de animales, siendo los frutos o bayas carnosas de vistoso colorido que atraen la atención de aves frugívoras de ahí parte su dificultad para controlar esta planta parásita (Vázquez *et al*, 2006).

Se ha determinado de manera experimental que esta especie de muérdago contiene grupos funcionales correspondientes a hidroxilos fenólicos, flavonoides, monosacáridos, antocianidinas, flavonas, flavonoles e isoflavonas (Rodríguez, 2013). La mayoría de estos compuestos presentan propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, antimicrobianas, anticancerígena, quelante de metales y antioxidante (Kabera *et al*, 2014; Moustapha *et al*, 2011). Debido a sus componentes hacen que esta especie de muérdago pueda ser una fuente importante de compuestos que le confieren actividad antimicrobiana la cual se ha probado en microorganismos patógenos al humano (Jacobo-Salcedo *et al*, 2011). El desarrollo de productos antifúngicos de origen natural para la agricultura es una excelente alternativa para sustituir los fungicidas químicos tradicionales los cuales presentan severos daños al medio ambiente y a la salud del consumidor.

La actividad antifúngica *in vitro* de los extractos de muérdago presenta una alta inhibición en tres fitopatógenos de importancia los cuales causan daños y diversas pérdidas en diferentes cultivos de importancia económica, como lo son *C. gloeosporioides*, *Fusarium* spp y *Curvularia* spp (Figura 3). Los resultados indican que todos los extractos presentan actividad de inhibición ante los fitopatógenos teniendo que el efecto es fungistático (Xoca-Orozco *et al*, 2022).

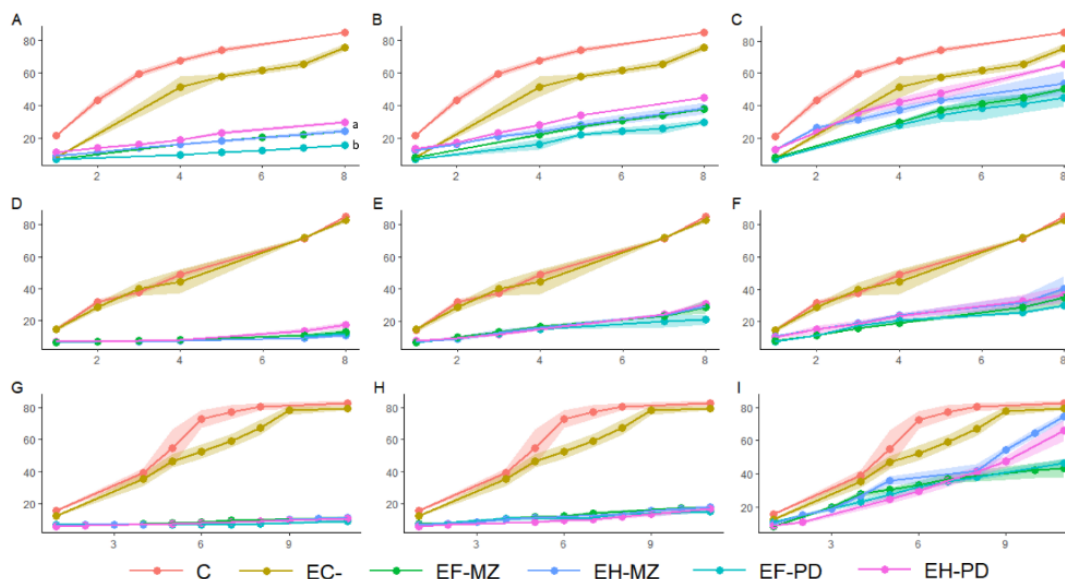


Figura 3. Cinética del Crecimiento micelial *in vitro* de *C. gloeosporioides* (A, B, C), *Curvularia* sp., (D, E, F) y *Fusarium* sp., (G, H, I) ante las diferentes concentraciones y extractos de muérdago. Gráficos izquierda concentración C1 (4.9 mg mL⁻¹), centro C2 (3.4 mg mL⁻¹) y derecha C3 (0.7 mg mL⁻¹). Eje y = crecimiento en mm; eje x = días de incubación. C y EC tratamientos testigo, EF= extracto flor, EH= extracto hoja, MZ= hospedero mezquite, PD= hospedero palo dulce.

Fuente: Xoca-Orozco et al (2022).



En los últimos años la OMS ha reconocido la importancia de las plantas medicinales en el tratamiento y prevención de varias enfermedades, esto lo da a conocer a través de la publicación “Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2014-2023”, en el cual menciona que la medicina tradicional es una parte importante y con frecuencia subestimada de los servicios de salud, pero se sabe, históricamente, que se ha utilizado para mantener la salud, prevenir y tratar enfermedades, en particular enfermedades crónicas (OMS, 2013). Por lo tanto, es necesario realizar investigaciones científicas en México de plantas que se han utilizado en la medicina tradicional, una de ellas es el muérdago mexicano la cual se ha utilizado para el tratamiento de diferentes enfermedades (Hernández *et al.*, 2015; Rodríguez-Cruz *et al.*, 2003). Estudios de *P. calyculatus* en el área de la farmacología se ha demostrado que tiene efectos en el tratamiento de hipertensión arterial, vasodilatador, disminución del colesterol y de azúcar en la sangre (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2015; Moustapha *et al.*, 2011).

Estudios de nuestro grupo de trabajo ha observado que *P. calyculatus* ubicado en el “Cerro del palenque” de Purísima del Rincón, Gto. Contiene una gran variedad de compuestos fitoquímicos de interés terapéutico como los son: compuestos fenólicos, flavonoides, alcaloides, glucósidos cardiacos. Se sabe que estos compuestos fitoquímicos se encuentran involucrados en varias propiedades biológicas de interés, como, por ejemplo, tienen efectos antibacterianos y anticancerígenos (Rupasinghe, 2020), además también nuestro estudio se demostró que *P. calyculatus* tiene grandes efectos antioxidantes, este evaluado por medio del método de captación de radicales DPPH (datos en proceso de publicación), sugiriendo que este especie de planta tiene una excelente capacidad antioxidante lo cual permite captar radicales libres generados en el cuerpo y por lo tanto prevenir el desarrollo de enfermedades, incluido el cáncer (Hlophe y Basse, 2023). El muérdago mexicano es una gran fuente de compuestos naturales que tienen un gran potencial terapéutico que pueden ser usados para el tratamiento de enfermedades, por lo tanto, es necesario seguir realizando futuras investigaciones de esta especie de muérdago.

Las evidencias obtenidas hasta el momento nos dan un panorama de las múltiples aplicaciones que puede tener el muérdago y nos da la pauta para poder seguir analizando a esta especie para poder generar más alternativas sobre su uso. Nuestra visión es poder generar herramientas para que la comunidad de la región del Rincón se vea favorecida aprovechando las características de esta especie, que actualmente se le considera una plaga. Con la explotación de nuevas alternativas sobre su uso se podrá establecer, en un futuro, estrategias para poder controlar a esta plaga generando ingresos para la comunidad.

Aprovechamiento de residuos sólidos generados por otras industrias, caso del “descarne” en el proceso de curtido.

La industria curtidora al ser generadora de una gran cantidad de residuos es especialmente susceptible de adoptar nuevas estrategias para reducción de los mismos. Una gran cantidad de investigadores ha escrito artículos donde se describe y se analiza el problema específico de las curtidurías, y ha propuesto soluciones para la gestión y el aprovechamiento de los diferentes residuos. El curtido, al convertir un subproducto percedero de la industria cárnica en cuero, aumenta el valor de la carne animal y disminuye los costos de eliminación de residuos para la industria cárnica. Desafortunadamente, la producción de cuero es ineficiente porque genera cantidades mucho mayores de subproductos y desechos adicionales que de cuero, solo alrededor del 15% de la materia prima es convertida en cuero, mientras que el resto es considerado como desechos que consisten en 50 - 60% de descarnado, 35 - 40% de virutas de cromo, particiones de cromo y polvo de pulido, 5 - 7% recortes de piel y 2 - 5% cabello (Chen *et al.*, 2021).

En el mundo alrededor de 6.6 millones de toneladas de pieles crudas de bovinos y 0.8 millones de toneladas de pieles de ovinos se convierten en cuero cada año (FAO, 2016). En México las exportaciones del sector curtidor tuvieron, en el año 2020, ventas al exterior de cueros y pieles por un monto de US\$ 203 millones. Si tomamos en cuenta la salida de pieles terminadas, ya transformadas en sets (fundas para automóviles y para muebles), el monto es mucho mayor. A su vez las exportaciones de calzado corte piel fueron de US\$ 181 millones. Se curten anualmente alrededor de 13.5 millones de cueros, de los cuales actualmente se destina el 50% a la Industria del calzado, marroquinería, vestimenta, otros y el resto a la tapicería automotriz, de muebles y aeronáutica. La industria curtidora de México tiene registradas 13,571 unidades económicas, de las cuales, 6,323 se encuentran en el Estado de Guanajuato (72% del total nacional) y de éstas el 39% están en el Municipio de León (Herzovich, 2021; DataMéxico, 2022).



La industrialización de las pieles que se utilizan en la elaboración de diversos objetos de piel con valor comercial, en forma genérica se conoce como "Proceso de Curtido". El proceso completo se puede clasificar, básicamente en cuatro etapas: Ribera, curtido, RTE (re-curtido, teñido y engrase) y acabado. La etapa de limpieza (Ribera) es relativamente similar para todo tipo de piel, mientras que las operaciones de acabado y, especialmente, las de curtido varían de acuerdo al origen de la piel y a las características que se busca impartir al cuero. En la etapa de Ribera se recibe la piel (verde salada, en sangre o seca), se hidrata, se le quita el pelo y la endodermis, formada por proteínas y grasa; se aumenta el espacio interfibrilar y se eliminan las impurezas presentes, (Carabias *et al*, 1999).

Ésta endodermis formada por proteína y grasa son los descarnados o descarne, su contenido en grasa varía de 4% a 18%, según el tipo de animal, la alimentación, el clima y el método de desollado. El descarne o descarnes, es la parte no deseada del lado caroso de la piel, y es necesario quitarlos para mejorar la difusión de los agentes curtientes. Los descarnes contienen sustancias proteicas que se hidrolizan a aminoácidos; éstos son hidrolizados aún más por las bacterias y liberan amoníaco gaseoso, hidrógeno, dióxido de carbono, ácidos grasos volátiles, etc., que se mezclan con el aire. Los ácidos grasos volátiles ayudan a generar gas tóxico de sulfuro de hidrógeno. Los descarnados también tienen un efecto negativo sobre el agua y el suelo (Hashem y Nur-A-Tomal, 2017).

Se estima que la industria curtidora genera alrededor de 1.4 millones de toneladas de residuos sólidos y en la mayoría de los casos se estos residuos son dispuestos al medio ambiente mediante vertido o incineración térmica afectando a los ecosistemas y provocando malos olores. Sin embargo, gran parte de estos residuos pueden ser utilizados para la obtención de proteína de queratina, por ejemplo, o la extracción de grasa que se puede convertir en biosurfactantes y otros biomateriales útiles para la misma industria del curtido, generando un sistema de aprovechamiento de economía circular (Ayele *et al.*, 2021).

En los diferentes artículos científicos revisados sobre el tema se pueden extrapolar dos factores en común que dan gran importancia a los esfuerzos por aprovechar los residuos del proceso de curtido, uno es el tema ambiental y el otro el tema económico. Chojnacka *et al* (2021) presentan una revisión de los métodos para recuperar materiales en el proceso de curtido, tales como: cromo, nutrientes, hidrolizado de colágeno, grasa, biogás y digestato anaeróbico, que se pueden utilizar en otros procesos industriales. En este trabajo el autor propone que la gestión de los residuos de curtiduría debe hacerse siguiendo los principios de la economía circular, convirtiendo los residuos en materias primas. En otra investigación cuyos objetivos son la extracción de grasa de residuos sólidos del proceso de curtido de pieles, se estimaron que se pueden extraer 638.6 toneladas métricas de grasa anuales de las pieles de bovino en Bangladesh (Hashem y Nur-A-Tomal, 2016).

En el proceso de curtido el descarnado es la operación mecánica indispensable donde inevitablemente se producen cantidades sustanciales de desechos sólidos (denominados descarnes). En el análisis por peso, México aproximadamente en promedio tiene disponibles para curtir 24 mil toneladas de piel cruda de bovino al año (FAO, 2016), por este concepto se producirían aproximadamente 13.8 mil toneladas de descarnes al año.

Desde un punto de vista regional teniendo en cuenta que el 70% de la industria del cuero se ubica en el municipio de León, entonces en promedio la generación de estos residuos sólidos sería de 9,660 toneladas cada año. Si el contenido en grasa de estos residuos está entre 4-18%, entonces se pueden extraer en promedio 1,062 toneladas de grasa cada año, solo en la zona de León. Esta cantidad de grasa pasaría de ser residuo sólido contaminante a materia prima para otros productos. Por lo anterior, es clara la necesidad de aplicar estas nuevas estrategias de producción en México tomando como foco la industria curtidora del municipio de León y sus alrededores.

Impacto de las tecnologías de la información en estado de Guanajuato.

En la última década en el estado de Guanajuato se ha desarrollado un gran interés por las tecnologías de información y aspectos relacionados con la innovación que integre a diferentes áreas de la ciencia. Las principales tendencias tanto de centros de investigación como de instituciones de educación superior siendo el objetivo de ambas partes el diseñar soluciones que puedan solventar problemas sociales, económicos, medioambientales, sociales entre otros (Gobierno del estado de Guanajuato, 2023). Bajo este contexto local se puede pasar ahora a la mirada global del papel de la tecnología en el contexto global. Existen diferentes aplicaciones tecnológicas en la vida cotidiana, las cuales podemos ver divididas en dos grandes ramas el software y el hardware. Los hardware más innovadores se ven desde los celulares hasta robots de apoyo para personas con alguna discapacidad (Mohebbi, 2020).



Entonces, las aplicaciones de la inteligencia artificial se han hecho en diferentes disciplinas, alcanzando aquellas relacionadas fuertemente con el medio ambiente. Algunas de ellas son:

- a) Medición del clima. En la medición del clima se busca recopilar datos cuantitativos sobre las condiciones climáticas de un lugar. Debido al constante cambio climático es importante tener el histórico de diferentes variables para generar modelos adecuados de predicción (Kusriyanto y Putra, 2018).
- b) Detención y monitoreo de COVID. Ante la nueva pandemia es necesario realizar investigaciones con el fin de monitorear, predecir y diagnosticar las enfermedades de COVID-19. Debido a que fue un hito importante en el sector de la salud para el control de los contagios fue necesario desarrollar tecnología que permitiera ayudar en la detección y monitoreo de variables ambientales (Rajeesh *et al.*, 2022). Lo anterior permitió coadyuvar a los virólogos y sector salud en pro de controlar o cuidar la salud de las personas.
- c) Aplicaciones en la agricultura. Las aplicaciones en la agricultura de la IoT han permitido que los agricultores pueden mejorar sus granjas (Chehri *et al.*, 2020). En las granjas agrícolas se requieren controlar procesos en tiempo real, lo cual bajo diferentes circunstancias representan retos muy grandes para los investigadores.
- d) Startups. Actualmente existen diferentes desarrollos tecnológicos que han brindado soluciones a diferentes sectores de la sociedad. Cuando los desarrollos apoyan a la innovación y el emprendimiento estos por lo regular van enfocados a la pequeña y mediana industria (Rivera *et al.*, 2015).
- e) Telecomunicaciones. Cabe mencionar que para que existan todas las comunicaciones entre diferentes dispositivos es necesario tener una infraestructura que permita sostener a través del tiempo dichas conexiones. Por lo anterior, es importante mencionar el impacto ambiental que tienen el gasto de recursos de mantener servidores con almacenamiento de información. Al igual que los vehículos y otros procesos las tecnologías tienen su propia huella de carbono (Tamburrini, 2022).

Es importante tener en cuenta que los avances tecnológicos tienen un pacto tanto positivo como en algunas circunstancias no tan en pro de nuestro ambiente. Es necesario encontrar un punto medio entre los que realmente ser requiere y lo que no. En conclusión, se puede decir que hay que guiar las nuevas investigaciones hacia el beneficio del ser humano sin perder de vista al medio ambiente.

Conclusiones y perspectivas futuras

En la actualidad, la alta demanda de productos derivados de los procesos de las diferentes industrias predominantes en el estado de Guanajuato, como la agroindustria y el cuero-calzado, exigen procesos cada vez más eficientes y apegados a la economía circular, en donde se aproveche al máximo sus residuos y así poder generar estrategias para crear procesos sostenibles. Los casos aquí presentados son derivados de las nuevas necesidades generadas a partir de la conciencia colectiva dirigida hacia la reducción del impacto ambiental y sin lugar a duda, no son los únicos que se generan en las distintas instituciones educativas relacionadas con este tipo de investigación. La investigación, desarrollo e innovación en el aprovechamiento de residuos debería constituir la columna vertebral en la investigación científica actual en beneficio del medio ambiente e inclusive en un beneficio social. Además, las pautas para el desarrollo, la investigación e innovación de procesos deben ser establecidas y dirigidas de manera activa tanto por los diversos niveles de gobierno, así como también de la comunidad técnica-científica y de la sociedad en general.

Agradecimientos.

Especial agradecimiento a los financiamientos de proyectos derivados de las diferentes convocatorias del TecNM/ITS de Purísima del Rincón (2021, 2022 y 2023), así como también a los financiamientos de proyectos en las convocatorias de Mentefactura Idea Gto (2022 y 2023)

Referencias

- Ayele, M., Limeneh, D. Y., Tesfaye, T., Mengie, W., Abuhay, A., Haile, A., & Gebino, G. (2021). A Review on Utilization Routes of the Leather Industry Biomass. *Hindawi, Advances in Materials Science and Engineering*, 15. <https://doi.org/10.1155/2021/1503524>



- Azpeitia, F. and Lara, C. (2006) Reproductive biology and pollination of the parasitic plant *Psittacanthus calyculatus* (Loranthaceae) in central México. *J. Torrey Bot. Soc.* 133, 429–438. <https://www.jstor.org/stable/20063856>
- Bhat, R., & Paliyath, G. (2016). Fruits of Tropical Climates: Dietary Importance and Health Benefits. In *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 144–149). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00338-X>
- Carabias, J., Provencio, E., & Cortinas, C. (1999). Manual de Procedimientos para el Manejo Adecuado de los Residuos de la Curtiduría. México, D.F., México: Instituto Nacional de Ecología. Recuperado de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CG002311.pdf>
- Chehri, A., Chaibi, H., Saadane, R., Hakem, N., & Wahbi, M. (2020). A Framework of Optimizing the Deployment of IoT for Precision Agriculture Industry. *Procedia Computer Science*, 176, 2414–2422. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.09.312>
- Chen, N., Eleanor, M. B., & Liu, C.-K. (2021). Conversion of Tannery Waste into Value-Added Products. En S. e. al., *Conversion of Renewable Biomass into Bioproducts* (pág. 159). Washinton, DC.: American Chemical Society. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bk-2021-1392.ch009>
- Cheok, C. Y., Mohd Adzahan, N., Abdul Rahman, R., Zainal Abedin, N. H., Hussain, N., Sulaiman, R., & Chong, G. H. (2016). Current trends of tropical fruit waste utilization. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–27. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1176009>
- Chojnacka K, Skrzypczak D, Mikula K, Witek-Krowiak A, Izydorczyk G, Kuligowski K, Bandrów P, Kułażyński M. (2021). Progress in sustainable technologies of leather wastes valorization as solutions for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*. 313: 127902.. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127902>
- Cuervo-Mulet, R. A., Ángel Ledesma, J. O. H. A. N. N. Y., Durán Vanegas, J. A., & Argote Vega, F. E. (2010). Aislamiento y control microbiológico de leuconostoc mesenteroides, en un ingenio para optimizar el rendimiento de azúcar y etanol. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(2), 31-40. <http://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/download/751/378>
- de Mello, F. R., Bernardo, C., Dias, C. O., Gonzaga, L., Amante, E. R., Fett, R., & Candido, L. M. B. (2014). Antioxidant properties, quantification and stability of betalains from pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. *Ciência Rural*, 45(2), 323–328. <https://doi.org/10.1590/0103-8478CR20140548>
- DataMéxico. (2022). Curtido y Acabado de Cuero y Piel, y Fabricación de Productos de Cuero, Piel y Materiales Sucedáneos. Secretaría de Economía. Disponible en: <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/industry/leather-and-allied-product-manufacturing>
- DRN. Dirección de Recursos Naturales (2017) Listado florístico del Inventario de las Áreas Naturales Protegidas del Estado de Guanajuato. Disponible en <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/areas-naturales-protégidas/4/Cerro-del-Palenque>
- Duarte-Almeida, J.M., A.V. Novoa, A.F. Linares, F.M. Lajolo, and M.I. Genovese. (2006). Antioxidant activity of phenolics compounds from sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) juice. *Plant Foods for Human Nutrition* 61: 187–192. <https://doi.org/10.1007/s11130-006-0032-6>
- Estrada Á, J., Aranda-I, E. M., Pichard-D, G., & Henao-Urbe, F. J. (2013). Silagem de cana de açúcar integral enriquecida com porcinaza fresca. *Orinoquia*, 17(1), 38-49. <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v17n1/v17n1a05.pdf>
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1999-2015. (2016). Obtenido de <http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/hides-skin/en/>
- Gobierno del estado de Guanajuato. (2023, August). Information Communication Tecnology. <https://invierte.guanajuato.gob.mx/information-communication-tecnology/>
- Hashem, M. A., y Nur-A-Tomal, M. S. (2017). Valoración de Tannery Limed Fleshings Through Fat Extraction: An Approach to Utilize By-Product. *Waste Biomass Valor*, 1219-1224. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9705-z>
- Hernández G. B. (2020). Alimentos funcionales. *Gaceta Hidalguense de Investigación en Salud / Vol. 8, No. 2,* 3-5. <https://s-salud.hidalgo.gob.mx/contenido/informacion/gaceta/2020/G.2020-2.AlimentosFuncionales.pdf>



- Hernández-Rodríguez, P., Pabón Baquero, L. C., & Rodríguez Álvarez, M. F. (2015). Propiedades químicas y biológicas de *Arbutus unedo*: una planta con potencial medicinal. *Rev. Cuba. Farm*, 49(1), 144–155. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152015000100014
- Hernández, T., García-Bores, A. M., Serrano, R., Ávila, G., Dávila, P., Cervantes, H., Peñalosa, I., Flores-Ortiz, C. M., & Lira, R. (2015). Fitoquímica Y Actividades Biológicas De Plantas De Importancia En La Medicina Tradicional Del Valle De Tehuacán-Cuicatlán. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 18(2), 116–121. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2015.09.003>
- Herzovich, M. (2021). La industria de México tuvo un 2020 difícil, pero trabaja para lograr su recuperación. *CueroAmérica.com*. Obtenido de <http://cueroamerica.info/wpnews/2021/03/la-industria-de-mexico-tuvo-un-2020-dificil-pero-trabaja-para-lograr-su-recuperacion/>
- Hlophe, S., y Basse, K. (2023). Phytochemical Profiling, and Antioxidant Potentials of South African and Nigerian *Loranthus micranthus* Linn.: The African Mistletoe Exposé. *Plants*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/plants12102016>
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). Prevalencia de Obesidad, Hipertensión y Diabetes para los Municipios de México 2018. Estimación para Áreas Pequeñas. https://www.inegi.org.mx/contenidos/investigacion/pohd/2018/doc/a_peq_2018_nota_me_t.pdf
- Ibrahim, S. R. M., Mohamed, G. A., Khedr, A. I. M., Zayed, M. F., & El-Kholy, A. A.-E. S. (2018). Genus *Hylcoereus*: Beneficial phytochemicals, nutritional importance, and biological relevance-A review. *Journal of Food Biochemistry*, 42(2), e12491. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12491>
- Jacobo-Salcedo, M.D.R. et al. (2011) Antimicrobial and cytotoxic effects of Mexican medicinal plants. *Nat. Prod. Commun.* 6, 1925–1928. <https://doi.org/10.1177/1934578X1100601234>
- Jalgaonkar, K., Mahawar, M. K., Bibwe, B., & Kannaujia, P. (2022). Postharvest Profile, Processing and Waste Utilization of Dragon Fruit (*Hylcoereus* Spp.): A Review. *Food Reviews International*, 38(4), 733–759. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1742152>
- Joshi, M., & Prabhakar, B. (2020). Phytoconstituents and pharmaco-therapeutic benefits of pitaya: A wonder fruit. *Journal of Food Biochemistry*, 44(7). <https://doi.org/10.1111/jfbc.13260>
- Kabera, J.N. et al. (2014) Plant Secondary Metabolites: Biosynthesis, Classification, Function and Pharmacological Properties. *J. Pharm. Pharmacol.* 2, 377–392. https://www.researchgate.net/publication/277776550_Plant_Secondary_Metabolites_Biosynthesis_Classification_Function_and_Pharmacological_Classification_Function_and_Pharmacological_Properties
- Kadam, U., Ghosh, S., De, S., Suprasanna, P., Devasagayam, T. y Bapat, V. (2008). Antioxidant activity in sugarcane juice and its protective role against radiation induced DNA damage. *Food Chemistry*, 106, 3, 1154–1160. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.066>
- Kim, SO, Kundu, JK, Shin, YK, Park, JH, Cho, MH, Kim, TY y Surh, YJ (2005). [6]-Gingerol inhibits COX-2 expression by blocking the activation of p38 MAP kinase and NF-kappaB in phorbol ester-stimulated mouse skin. *Oncogen*. 24 (15), 2558-2567. <https://doi.org/10.1038/sj.onc.1208446>
- Koletzko, B., Aggett, P. J., Bindels, J. G., Bung, P., Ferré, P., Gil, A., Lentze, M. J., Roberfroid, M., & Strobel, S. (1998). Growth, development and differentiation: a functional food science approach. *The British journal of nutrition*, 80 Suppl 1, S5–S45. <https://doi.org/10.1079/bjn19980104>
- Kosseva, M. R. (2020). Sources, characteristics and treatment of plant-based food waste. In *Food Industry Wastes* (pp. 37–66). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817121-9.00003-6>
- Kusriyanto, M., y Putra, A. A. (2018). Weather Station Design Using IoT Platform Based On Arduino Mega. 2018 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD), 1–4. <https://doi.org/10.1109/ISESD.2018.8605456>
- Larrahondo, J. E., 1995. Calidad de la caña de azúcar. In: Cassalet, C.; Torres, J.; Isaacs, C. (Eds). *El cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia*: 337-354. http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no_serizados/libro_el_cultivo_cana/libro_p337-354.pdf
- Lo, D.Y., Chen, T.H., Chien, M.S., Koge, K., Hosono, A., Kaminogawa, S. and Lee, W.C. (2005). Effects of Sugar Cane Extract on the modulation of immunity in pigs. *Journal of Veterinary Medicine Sci.* 67(6). 591-597. <https://doi.org/10.1292/jvms.67.591>



- Mao, QQ, Xu, XY, Cao, SY, Gan, RY, Corke, H., Beta, T. y Li, HB (2019). Compuestos bioactivos y bioactividades del jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe). *Alimentos*, 8 (6), 185. <https://dx.doi.org/10.3390%2Ffoods8060185>
- Mohebbi, A. (2020). Human-Robot Interaction in Rehabilitation and Assistance: a Review. *Current Robotics Reports*, 1(3), 131–144. <https://doi.org/10.1007/s43154-020-00015-4>
- Moustapha, B., Marina, G. A. D., Raúl, F. O., Raquel, C. M., & Mahinda, M. (2011). Chemical constituents of the mexican mistletoe (*psittacanthus calyculatus*). *Molecules*, 16(11), 9397–9403. <https://doi.org/10.3390/molecules16119397>
- Okonogi, S., Duangrat, C., Anuchpreeda, S., Tachakittirungrod, S., & Chowwanapoonpohn, S. (2007). Comparison of antioxidant capacities and cytotoxicities of certain fruit peels. *Food Chemistry*, 103(3), 839–846. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.034>
- OMS. Organización Mundial de la Salud. (2013). Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2014-2023. Organización Mundial de la Salud. Disponible en <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241506096>
- Pérez, J.I.J. (2016) Impacto del muérdago (*Psittacanthus calyculatus*) en la economía de las familias campesinas en una región del subtrópico mexicano. *Perspect. Lat.* 13, 141–156. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/65789>
- Rajeesh K. N.V., Arun M., Baraneetharan E., Stanly Jaya Prakash J., Kanchana A., Prabu S. (2022). Detection and monitoring of the asymptomatic COVID-19 patients using IoT devices and sensors. *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, 18(4), 407–418. <https://doi.org/10.1108/IJPC-08-2020-0107>
- Ramírez-Rodríguez, Y., Martínez Huélamo, M., Pedraza Chaverri, J., Ramírez, V., Martínez Tagüeña, N., & Trujillo, J. (2020). Ethnobotanical, nutritional and medicinal properties of Mexican drylands Cactaceae Fruits: Recent findings and research opportunities. *Food Chemistry*, 312, 126073. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126073>
- Rivera, J., Raygoza, J. J., Cisneros, S. O., Figueroa, A., & Begovich, O. (2015). FPGA-based startup for AC electric drives: Application to a greenhouse ventilation system. *Computers in Industry*, 74, 173–185. <https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2015.06.011>
- Roberfroid M. B. (1999). What is beneficial for health? The concept of functional food. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 37(9-10), 1039–1041. [https://doi.org/10.1016/s0278-6915\(99\)00080-0](https://doi.org/10.1016/s0278-6915(99)00080-0)
- Rodríguez Acosta, M.G. (2013). Comparación y análisis de extractos de *Psittacanthus calyculatus* y *Phoradendron tomentosum* para su uso en el desarrollo de alimentos funcionales para diabéticos tipo 2. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/540>
- Rodríguez-Cruz, M. E., Pérez-Ordaz, L., Serrato-Barajas, B. E., Juárez-Oropeza, M. A., Mascher, D., & Paredes-Carbajal, M. C. (2003). Endothelium-dependent effects of the ethanolic extract of the mistletoe *Psittacanthus calyculatus* on the vasomotor responses of rat aortic rings. *Journal of Ethnopharmacology*, 86(2–3), 213–218. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(03\)00073-4](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(03)00073-4)
- Roriz, C. L., Heleno, S. A., Alves, M. J., Oliveira, M. B. P. P., Pinela, J., Dias, M. I., Calheta, R. C., Morales, P., Ferreira, I. C. F. R., & Barros, L. (2022). Red pitaya (*Hylocereus costaricensis*) peel as a source of valuable molecules: Extraction optimization to recover natural colouring agents. *Food Chemistry*, 372, 131344. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131344>
- Rupasinghe, H. P. V. (2020). Special Issue “Flavonoids and Their Disease Prevention and Treatment Potential”: Recent Advances and Future Perspectives. *Molecules*, 25(20), 4746. <https://doi.org/10.3390/molecules25204746>
- Schröder, P., Albaladejo, M., Ribas Alonso, P., MacEwen, M., & Johana, T. (2020). Programa de Energía, Medio Ambiente y Recursos. Obtenido de <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/2021-01/2021-01-13-spanish-circular-economy-schroder-et-al.pdf>
- Schwertner, HA y Ríos, DC (2007). High-performance liquid chromatographic analysis of 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol, and 6-shogaol in ginger-containing dietary supplements, spices, teas, and beverages. *Revista de cromatografía B*, 856 (1-2), 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2007.05.011>



- SE. Secretaría de Economía. (2017). Guanajuato y sus principales sectores productivos y estratégicos. Disponible en: <https://www.gob.mx/se/articulos/guanajuato-y-sus-principales-sectores-productivos-y-estrategicos#:~:text=Entre%20las%20principales%20actividades%20productivas,de%20bienes%20muebles%20e%20intangibles>.
- Selvamuthukumar, M., & Pathak, Y. V. (2020). Flavor development for functional foods and nutraceuticals. En M. Selvamuthukumar, & Y. V. Pathak, Flavor development for functional foods and nutraceuticals (págs. 23- 25). U.S: Taylor & Francis Group, LLC. <https://doi.org/10.1201/9780429470592>
- Shahrajabian, MH, Sun, W. y Cheng, Q. (2019). Clinical aspects and health benefits of ginger (*Zingiber officinale*) in both traditional Chinese medicine and modern industry. *Acta agriculturae scandinavica, sección b—Soil & Plant Science*, 69 (6), 546-556. <https://doi.org/10.1080/09064710.2019.1606930>
- Singh, N., Kumar, D., Lal, K., Raisuddin, S.; Sahu, A.P. 2010. Adverse health effects due to arsenic exposure: modificatin by dietary supplementation of jaggery in mice. *Elservier, Toxicology and Applied Pharmacology* 242, 247-255. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2009.10.014>
- SIAP. Servicio De Información Agroalimentaria Y Pesquera. (2022). Panorama Agroalimentario 2022. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>
- Socas-Rodríguez, B., Álvarez-Rivera, G., Valdés, A., Ibáñez, E., & Cifuentes, A. (2021). Food by-products and food wastes: are they safe enough for their valorization? *Trends in Food Science & Technology*, 114, 133–147. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.002>
- Song, H., Chu, Q., Xu, D., Xu, Y., & Zheng, X. (2016). Purified Betacyanins from *Hylocereus undatus* Peel Ameliorate Obesity and Insulin Resistance in High-Fat-Diet-Fed Mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(1), 236–244. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b05177>
- Tamburrini, G. (2022). The AI Carbon Footprint and Responsibilities of AI Scientists. *Philosophies*, 7(1). <https://doi.org/10.3390/philosophies7010004>
- Tokuşođlu, Ö. (2018). Food By-product Based Functional Food Powders. [https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=ljoPEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Food+By-Product+Based+Functional+Food+Powders-CRC+Press+\(2017\)&ots=IbQakVKvMe&sig=PeF6Yv2Wa5lkpsUpw3C2p6UWhg0](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=ljoPEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Food+By-Product+Based+Functional+Food+Powders-CRC+Press+(2017)&ots=IbQakVKvMe&sig=PeF6Yv2Wa5lkpsUpw3C2p6UWhg0)
- Vázquez C., I., A. Villa R. y S. Madrigal H. 2006. Los muérdagos (*Loranthaceae*) en Michoacán. Libro Técnico No. 2. CIRPAC, INIFAP. Uruapan, Mich. México. 98 p. ISBN 968-800-644-0. Disponible en: https://books.google.com.mx/books/about/Los_mu%C3%A9rdagos_Loranthaceae_en_Michoac%C3%A1.html?id=xRHcYgEACAAJ&redir_esc=y
- Vázquez, C. I. y Geills, B.W. (2002) *Psittacanthus* in Mexico. In *Mistletoes of North American Conifers* (Geills, B. W. et al., eds), pp. 9–16, United States Department of Agriculture Forest Service Rocky Mountain Research Station. <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/27735>
- Wilts, H., Schinkel, J., & Koop, C. (2020). Effectiveness and efficiency of food-waste prevention policies, circular economy, and food industry. In *Food Industry Wastes* (pp. 19–35). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817121-9.00002-4>
- Xoca-Orozco, L. A., Cortez-Fonseca, K., Luna-López, C., Hernández-Mendoza, G., Flores-Sierra, J. de J., Chacón-López, M. A., & Aguilera-Aguirre, S. (2022). Inhibición in vitro de hongos fitopatógenos utilizando extractos de muérdago mexicano (*Psittacanthus calyculatus*). *Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios*, 9(3). <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3431>

