



TLATEMOANI
Revista Académica de Investigación
Editada por Eumed.net
No. 29 – Diciembre 2018
España
ISSN: 19899300
revista.tlatemoani@uaslp.mx

Fecha de recepción: 03 de julio de 2018
Fecha de aceptación: 30 de noviembre de 2018

APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS AGRONÓMICOS

AUTORES:

MARÍA DEL ROSARIO MONCAYO LUJÁN*
r_ml_10@hotmail.com

ABIGAIL REYES MUNGUÍA**
abigail.reyes@uaslp.mx

MARÍA LUISA CARRILLO INUNGARAY**
maluisa@uaslp.mx

Universidad Politécnica de Gómez Palacio*
Universidad Autónoma de San Luis Potosí**

RESUMEN

Como resultado de la actividad agropecuaria del ser humano, se generan residuos y subproductos que impactan de manera negativa en el ambiente. El objetivo de este trabajo fue recopilar información sobre la producción de productos vegetales y de las características de los residuos que se generan de esta actividad, así como algunas propuestas de aprovechamiento de los mismos. Esta revisión pretende mostrar un panorama que sirva como punto de partida para el aprovechamiento de residuos agronómicos tanto a nivel artesanal como industrial.

ABSTRACT

Because of the agricultural activity of the human being, waste and subproducts are generated that negatively affect the environment. The aim of this work was to collect information on the production of plant products and the characteristics of the waste generated from this activity, as well as some proposals for their use. This review aims to show a panorama that serves as a starting point for the use of agronomic waste at the artisanal and industrial levels.

PALABRAS CLAVE: Producción agropecuaria, residuos agrícolas.

KEYWORDS: Agricultural production, agricultural waste.

INTRODUCCIÓN

La ubicación geográfica de México permite que puedan desarrollarse de 25000-30000 especies de plantas, y actualmente 7461 están registradas como plantas útiles (Casas y Blancas, 2016). Muchas de estas plantas son cultivadas por ser de importancia para el consumo, a la vez que contribuyen a fortalecer la economía del país. Como resultado de las actividades agronómicas, se generan desechos agrícolas que contienen macronutrientes y compuestos bioactivos que son de interés para la industria farmacéutica y cosmética (Muñoz Jáuregui *et al.*, 2007), así como para la alimentaria. Algunos residuos agronómicos son las cáscaras de: melón, naranja, nuez pecanera, limón, plátano, tamarindo y zanahoria.

Cáscara y semilla de melón (*Cucumis melo*)

En 2016 la Comarca Lagunera ocupó el primer lugar en producción de melón al contabilizar cuatro mil 948 hectáreas, con una producción de 145 mil 753 toneladas, que representan el 26 por ciento de la producción nacional (López, 2017).

Tanto la pulpa, como la cáscara y las semillas del melón contienen compuestos bioactivos y actividad antioxidante, por lo que se ratifica como un alimento saludable (Fundo *et al.*, 2018), sin embargo, la semilla y la cáscara son los dos

residuos que se obtienen de esta fruta. La semilla es fusiforme, a chatada, blanca o crema, posee 21 % de proteínas, 37 % de grasa y 34 % de hidratos de carbono, por lo que puede consumirse a nivel doméstico o bien, ser utilizada para la obtención de extractos proteicos que pueden adicionarse a otros alimentos para enriquecerlos. Respecto a la cáscara, se ha comprobado su eficiencia en la reducción del cromo (VI), ya que la vitamina C y la cistina que contiene reducen muy rápido el Cr (VI) a Cr (III), por lo que podrían usarse como biomasa para la remoción y/o reducción del metal (Acosta *et al.* 2010).

Cáscara de naranja (*Citrus sinensis*)

México es el quinto productor mundial de naranja, con un volumen promedio de 4.2 millones de toneladas, las cuales se comercializaron tanto en el mercado interno como en destinos internacionales (SAGARPA, 2017). Las principales entidades productoras de este fruto son Veracruz (44.5 % del volumen nacional), Tamaulipas (14.6% del volumen nacional) y San Luis Potosí (8.8 % del volumen nacional), estados que conjuntan el 67.9 % del total cosechado en el país. Otros productores son Nuevo León, Puebla, Yucatán, Sonora, Tabasco, Hidalgo y Oaxaca, etc (SAGARPA, 2017).

Los residuos generados de la naranja son la cáscara y el bagazo, el cual se genera cuando se obtiene el jugo de la fruta, en caso de que se ingiera el fruto completo no hay bagazo como desecho. La cáscara es el principal residuo aprovechable de la naranja, es un desecho rico en aceites esenciales, azúcares y pigmentos (Moreno-Álvarez *et. al.*, 2000). Su composición fisicoquímica favorece su aprovechamiento biotecnológico (Carrillo *et al.*, 2017). Uno de los principales productos de la cáscara de naranja es la pectina. Ésta se encuentra presente en todos los tejidos vegetales, aunque, por su contenido, sólo algunas variedades son adecuadas para la extracción comercial. Actualmente, a nivel industrial, la pectina se extrae comúnmente de residuos de naranja, derivados de la producción de jugo (Zegada Franco, 2015).

Cáscara de nuez pecanera (*Carya illinoensis*)

La nuez pecanera puede distinguirse por su cáscara delgada, denominada también cáscara de papel, misma que facilita el proceso de quebrado. Los meses de mayor producción son de octubre a diciembre, pero es en este último mes del año, cuando se cultiva el 43.3 % de este alimento. De acuerdo a los Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP (2018), la superficie utilizada para este cultivo fue de 113 mil hectáreas y se produjeron 123 mil toneladas. En el 2017, la producción de nuez en México registró un aumento de 83 % (SAGARPA, 2017). Las entidades productoras de nuez en el país fueron Chihuahua, con 45.6 %; Sonora, 25.4 %; Coahuila, 12.5 %; Nuevo León, 7.6 % e Hidalgo, 3.8 %. Estos estados aportaron el 95 % de la producción nacional reportada, lo que representa un volumen de 36 mil 679 toneladas de nuez.

El cultivo del nogal en México, es una fuente de divisas y generadora de empleos. Desde el 2014, es el principal productor de nuez pecanera en el mundo (SAGARPA, 2014).

Entre los principales productores de nuez se encuentran China, India, Estados Unidos, Nigeria, Irán y México, los cuales contribuyen con 69 % de la cosecha mundial de nueces. En 2015, las exportaciones de nuez (en sus diferentes variedades) alcanzaron los 463 millones de dólares, que representan un crecimiento de 35.4 por ciento, en relación con lo reportado en el año previo. México envía este producto a 19 destinos internacionales: Estados Unidos, Canadá, Rusia, Japón, China, Hong Kong, Vietnam, Colombia, España, Panamá e Italia, entre otros (SAGARPA, 2014).

En 2015 México se convirtió en el principal exportador de nuez pecanera con 22 mil 738 toneladas, que representa el 56 por % del volumen comercializado a nivel internacional. Se estima que se producen al año 40 mil 824 toneladas de nuez pecanera, que equivale al 40.1 por ciento de lo que se cultiva en el mundo.

En general los residuos de la cáscara de nuez no se aprovechan; sin embargo, cuenta con importantes elementos nutritivos para ser aprovechados por los organismos vegetales. Romero-Arenas *et al.* (2012), evaluaron el uso de la cáscara de nuez en la producción de plántulas de *Pinus patula*, en vivero. Concluyendo que la cáscara de nuez permite producir plántulas sanas, por lo que es útil como sustrato alternativo para la producción de plantas en vivero, lo que reduce los costos de producción además de contribuir con el sector productivo forestal.

La disponibilidad de la cáscara, de alguna manera puede ser una problemática, si bien es cierto que se usa escasamente como relleno de caminos y abrasivo para metales: Sin embargo, se calcula que del 45–50 % del peso total del fruto es cáscara, la cual queda expuesta a cielo abierto resultando en un contaminante potencial. Este subproducto representa una problemática que hasta el momento no se le ha encontrado una aplicación a pesar de que tiene un alto contenido de compuestos bioactivos con valor en el mercado para fines alimentarios, cosméticos o farmacéuticos (Reyes Vázquez y Urrea López, 2018).

Reyes Vázquez y Urrea López (2018), proponen el aprovechamiento integral de la nuez y pretenden que las empresas se interesen en el concepto de cero residuos y desperdicios ya que representa una oportunidad de utilizar tecnologías limpias que no generen residuos contaminantes y puedan aprovecharse las tres fracciones de la nuez que son almendra, a la que se le extrae aceite de alta calidad nutritiva, harinas que podrían ser utilizadas como ingredientes para uso alimenticio, y la cáscara como residuo con elevado contenido de fitocompuestos.

Cáscara de limón (*Citrus limon*)

La producción de limón mexicano ha mostrado un comportamiento coyuntural atípico derivado de factores como el clima y la estacionalidad. Los principales estados productores de limón mexicano son Colima, Michoacán, Oaxaca y Guerrero. La producción de limón en México (incluye los tipos mexicano y persa) en 2013, fue de dos millones 95 mil 881 toneladas, cifra

superior en 40 mil toneladas a lo obtenido en 2012. A partir de este limón procesado industrialmente, se generan 85 % de residuos finales que consiste en los llamados caldos residuales, los cuales poseen de un 23 a un 24 % de sólidos, estimándose en 372.71 toneladas por año de residuos que pueden ser utilizados de alguna manera (SAGARPA, 2017).

La cáscara del limón es verde amarillenta, y en ellas se encuentran sustancias medicinales muy importantes tales como flavonoides polifenólicos, su aceite esencial, citronela, felandreno, vitamina C, ácido cítrico, ácido málico, ácido fórmico, hesperidina o pectinas, entre otras (Informe 21, 2015)

Cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*)

El plátano es uno de los cultivos más importantes en la agricultura mexicana, ocupando el segundo lugar de la producción de frutas tropicales, siendo básico en la alimentación, su precio bajo, sabor agradable, disponibilidad todo el año, combinaciones múltiples en la preparación de alimentos, genera sensación de saciedad y su valor nutritivo alto, ya que aporta potasio, hierro y vitamina K. En México, se tiene una superficie sembrada de plátano de 76,725 hectáreas distribuidas en 16 entidades federativas, con una producción total de 2.1 millones de toneladas (SAGARPA, 2017). La mayoría de la producción se comercializa en el mercado nacional. Las zonas productoras de plátano se ubican en las regiones tropicales y subtropicales de la costa del Golfo de México y en el litoral del Océano Pacífico (Osuna-García *et al.*, 2008).

Los residuos de las cosechas de plátano son en su mayoría hojas, pseudotallos y restos de fruto. Las hojas y los pseudotallos contienen niveles importantes de ligninocelulosa, mientras que los restos de fruto presentan en su composición gran cantidad de micronutrientes. Estas propiedades hacen de los residuos sustratos eficientes para algunos hongos basidiomicetos, especialmente hongos de la podredumbre blanca, los cuales producen enzimas ligninolíticas capaces de degradar completamente la lignina, polímero conformado por p-hidroxi-cinnamil

alcohol, y metabolizar los monómeros fenólicos en compuestos aromáticos de interés tales como vainilla, ácido ferúlico y eugenol. Todos estos metabolitos son importantes para la industria alimentaria, farmacéutica y de colorantes (Maulin *et al.*, 2004).

Cáscara de tamarindo (*Tamarindus indica*)

El tamarindo pertenece a la familia de las leguminosas, y es nativo del oriente de África. Los principales productores de tamarindo a nivel mundial son India, Costa Rica, Tailandia y México. La producción normal fluctúa en las 14 mil toneladas por año, pero el pasado llegó solamente a 8 mil por las cuestiones climáticas, no obstante, este año la producción llegó a las 17 mil, lo que coloca a México en 5to. lugar en importancia económica. Las semillas contienen ácidos grasos tales como palmítico, oleico y linoleico, y éste último es el que está en mayor proporción (Chawanorasest, 2016).

Los productos o subproductos de tamarindo tienen una gran diversidad de usos, tanto en la industria como en el hogar. La parte que se consume es la pulpa, sin embargo, las semillas de tamarindo se pueden consumir de diferentes maneras; una es tostarlas y remojarlas para remover la cubierta de la semilla, posteriormente se ponen a hervir o a freír, o bien se muelen para hacer una especie de harina o fécula. Las semillas tostadas se muelen y se usan como un sustituto o adulterante de café; en Tailandia son comercializadas con este propósito. Las semillas de tamarindo contienen de 46 a 48% de una sustancia que forma una especie de gel; en la India, se ha patentado la producción de un producto purificado llamado *Jellosa*, el cual es de calidad superior a la pectina obtenida de otras frutas. Se usa en la manufactura de jaleas, confituras y mermeladas. Además, puede ser usada para preservar alimentos con y sin la adición de ácidos y gelatiniza con concentrados de azúcar en agua o leche fría.

La cáscara de tamarindo remueve eficientemente el Cr (VI) en solución, y puede utilizarse para eliminarlo de aguas residuales industriales, por lo que su aplicación

presenta un gran potencial para la purificación de estas aguas, puesto que es una biomasa natural, fácil de obtener en grandes cantidades, su manejo es sencillo, es económica y se aprovecha material que se considera de desecho (Acosta *et al.*, 2010). En el presente trabajo se estudian las generalidades de la adsorción como proceso alternativo para la remoción de contaminantes en solución y las biomásas comúnmente usadas en estos procesos, además de algunas de las modificaciones realizadas para la mejora de la eficiencia de adsorción de las mismas. Tejada-Tovar *et al.* (2015) comprobaron que el uso de la adsorción en la remoción de contaminantes en solución acuosa mediante el uso de biomasa residual es aplicable a estos procesos de descontaminación evitando problemas subsecuentes como la generación de lodos químicos, y generando un uso alternativo a materiales considerados como desechos. Se identifica además que factores como el pH de la solución, tamaño de partícula, temperatura y la concentración del metal, influyen en el proceso.

Cáscara de zanahoria (*Daucus carota*)

La producción de zanahoria en promedio es mayor en el ciclo primavera-verano con 62 %, mientras que el 38 % restante se genera en el otoño-invierno. Siete entidades federativas producen 67 % de la producción nacional, entre las que destacan: Sinaloa con 19 %, Jalisco 10 %, Zacatecas 9 % y México 8 %. La zanahoria se produce todo el año, pero en los meses mayo, agosto septiembre y octubre se genera 46 % de la producción nacional (SAGARPA, 2017). En la actualidad, el 30 % de la producción de zanahoria, por diversos motivos, no llega a ser aceptada para consumo humano; y solamente el 20 % de estas mermas se utiliza para la alimentación de animales, pero el resto es descartado generando inconvenientes tales como malos olores, productos de descomposición lo cual termina degradando el suelo (CONICET, 2017). Además de los carotenoides que contienen las cáscaras de zanahoria se puede obtener aceite de zanahoria, el cual, debido a su alto contenido de beta-carotenos, es un aceite con propiedades para regenerar la piel, mejorar la psoriasis y eccema. También en quemaduras de

sol y ayuda a preparar la piel para el bronceado, prevenir arrugas, entre otras aplicaciones.

Las mermas de zanahorias tienen potencial como materia prima para la obtención de etanol, que permitirían obtener 47.5 l de etanol bruto por cada tonelada de residuos vegetales tratados. Las condiciones de hidrólisis ácida que generan los mayores rendimientos de etanol a partir de los residuos son: ácido sulfúrico al 4 % y cuatro horas de tratamiento (Fonseca Santanilla y Maturana Moreno, 2010).

Cebolla (*Allium cepa*)

Además de los residuos tradicionales como las cáscaras, hay otros que son menos comunes pero que se están estudiando como fuente de compuestos bioactivos. El consumo de cebolla actualmente se encuentra en auge debido a la gran demanda, tanto por parte del consumidor como por parte de la industria alimentaria. La cebolla (*Allium cepa*) es un tubérculo ampliamente usado en la preparación de alimentos en muchas culturas, y recientemente se comprobó el efecto positivo que tienen las infusiones de este alimento para tratar problemas de fertilidad (Fallah *et al.*, 2017). Otro de los usos que se les puede dar a los residuos de origen vegetal es la elaboración de compuestos prebióticos que pueden adicionarse a diferentes matrices alimentarias. Los compuestos que se consideran prebióticos incluyen inulina, fructooligosacáridos, galactooligosacáridos, oyaoligosacáridos, xylooligosacáridos, pirodextrinas, isomaltoligosacáridos y lactulosa, los cuales tienen un enlace β (2 \rightarrow 1) que les da la característica de no ser metabolizados en las partes altas del tracto gastrointestinal y es el responsable de su reducido valor calórico y los efectos parecidos a la fibra dietética (Rubio y Latina, 2012). El aprovechamiento de la biomasa generada a partir de la actividad agrícola constituye una fuente para la generación de electricidad de una manera sustentable (Miran *et al.*, 2016).

Los residuos de cebolla incluyen las dos capas carnosas externas y la base y cuello del bulbo. Por otra parte, la industria de aromas alimentarios que utiliza la

cebolla como materia prima para la obtención del aceite esencial de cebolla, base de la elaboración de muchos preparados aromatizantes de uso alimentario, también contribuye al aprovechamiento de los residuos de cebolla.

Benítez García (2011) caracterizó los residuos industriales de cebolla y demostró una gran potencialidad como materia prima para la obtención de ingredientes alimentarios con carácter funcional. Por ejemplo, las capas externas y la base del bulbo podrían ser potencialmente empleadas como fuente de fibra alimentaria (principalmente insoluble) y compuestos fenólicos con elevada capacidad antioxidante. Por otro lado, los excedentes de cebolla, adecuadamente procesados, constituyen una base idónea para el desarrollo de ingredientes alimentarios funcionales.

El procesamiento de los excedentes de cebolla que da lugar al bagazo, podría considerarse como el prototipo de subproducto enriquecido en fibra alimentaria, manteniendo una adecuada proporción de las cualidades de la cebolla, como son el carácter prebiótico y la presencia de compuestos azufrados. El zumo de la cebolla constituye un subproducto enriquecido en carbohidratos no estructurales, con una proporción de fructooligosacáridos y fructanos superior a la encontrada en cebolla entera.

CONCLUSIONES

Los residuos agronómicos que hace unos años se consideraban desperdicios; en la actualidad se han convertido en la materia prima de varios sectores industriales. Aunque por el momento se requiere de técnicas más o menos complejas para obtener compuestos bioactivos y elaborar productos útiles de los residuos agronómicos, se espera que se genere conocimiento para que la población pueda tratarlos directamente, logrando así un uso integral de los recursos naturales. Esta revisión abre un panorama de ideas para la investigación científica en materia del aprovechamiento de residuos agronómicos.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, I., López, V., Coronado, E., Cárdenas, J. F., & Martínez, V. M. (2010). Remoción de Cromo (VI) en Solución Acuosa por la Biomasa de la Cáscara de Tamarindo (*Tamarindus indica*). *Biotecnología* 13: 13-14.

Benítez García, V. (2011). Caracterización de Subproductos de Cebolla como Fuente de Fibra Alimentaria y otros Compuestos Bioactivos. Tesis doctoral. Universidad autónoma de Madrid. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/101601/1/subproductos%20de%20cebolla.pdf>

Carrillo, M. L., Reyes, A. Domínguez, J. M. y Portilla Rivera, O. M. (2017). Aprovechamiento biotecnológico de la cáscara de naranja. Capítulo en: *Tecnología y Desarrollo Sustentable: Avances en el aprovechamiento de recursos agroindustriales*. Editores: Bustos Vázquez, M.G. y Del Ángel del Ángel, J.

Casas, R., & Blancas, J. (2016). *Ethnobotany of Mexico: Interactions of People and Plants in Mesoamerica*. Tlanepilantla, Estado de México.

Chawanorasest, K., Saengtongdee, P. y Kaemchantuek, P. (2016). Extraction and characterization of tamarind (*Tamarind indica* L.) seed polysaccharides from three difference sources. (2015). *Molecule*, 21: 775; doi:10.3390/molecules21060775.

CONICET. Consejo Nacional De Investigaciones Cientificas y Tecnicas. Extracción de subproductos de valor a partir de zanahoria <http://vinculacion.conicet.gov.ar/?caccion=printPDF&tcid=1287> (consultado el 26 de Julio de 2017).

Fallah, V.; Mahabadi, J. A.; Mahabadi, M. Y.; Kashani, H. H. & Nikzad, N. Protective effect of *Allium cepa* (onion) seeds (AC) extract on histopathology of testis in stz-induced male rats. *Int. J. Morphol.*, 35(4):1517-1524, 2017.

Fonseca Santanilla, E. B. y Maturana Moreno, G. A. (2010). Aprovechamiento de los residuos vegetales de una central de abastos para la obtención de etanol. *Revista Épsilon*, 1(14): 21-31.

Fundo, J., Miller, F. A. García, J. R., Santos, C., Silva, L. M., Brandão, T. (2018). Physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity in juice, pulp, peel and seeds of *Cantaloupe* melon. *Food Measure* 12:292–300. DOI 10.1007/s11694-017-9640-0.

Miran, W., Nawaz, M., Jang, J., & Lee, D. S. (2016). Sustainable electricity generation by biodegradation of low-cost lemon peel biomass in a dual chamber microbial fuel cell. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 10675-79. doi:10.1016/j.ibiod.2015.10.009.

Muñoz-Jáuregui, A. M., Ramos-Escudero, D.F., Alvarado-Ortiz, C. *et al.* (2007). Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios, *Rev Soc Quím Perú*. 73(03):142-149.

Osuna García J. A., Vázquez Valdivia V. y Pérez Barraza M.H. (2008). Caracterización postcosecha de cultivares de plátano para consumo en fresco. México, D.F. Chapingo Serie Horticultura.

Tejada-Tovar, C., Villabona-Ortiz, A. y L. Garcés-Jaraba, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecno Lógicas*, 18, (34): 109-123.

Reyes Vázquez, N. C. y Urrea López, R. (2018). *Retos y oportunidades para el aprovechamiento de la nuez pecanera en México*. CIATEJ Unidad Noreste. Conacyt. México.

Romero-Arenas, O. López Escobedo, R., Damián, M. A., Hernández Treviño, I., Parraguirre Lezama, J. F., Huerta Lara, M. (2012). Evaluación del residuo de cáscara de nuez (*Juglans regia* L.) en la producción de plántulas de *Pinus patula*, en vivero. *Agronomía Costarricense* 36(2): 103-110.

Rubio, C., & Latina, C. (2012). Production of fructooligosaccharides by invertase of *Aspergillus niger*: A prebiotic. *Boletín micológico*, 27, 18-23. Recuperado el 25 de noviembre de 2016, de file:///C:/Users/imelda/Downloads/76-150-1-SM.pdf

SAGARPA. (2017). <https://www.gob.mx/sagarpa/michoacan/articulos/inaugura-sagarpa-planta-procesadora-de-limon-en-paracuaro?idiom=es>. Consultados el 3 de julio de 2018.

SIAP. (2018). Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap>

Shah Maulin, P., Reddy, G.V, Banerjee, R., Ravindra Babu P., and Kothari, I.L. (2004). Microbial degradation of banana waste under solid state bioprocessing using two lignocellulolytic fungi (*Phylosticta* spp. MPS-001 and *Aspergillus* spp. MPS-002). *Process Biochemistry*. 40(1): 445-451.

Zegada Franco, V. Y. (2015). Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas. *Investigación y desarrollo*. (15): 65 – 76.