

Proceedings TI

Ciencias biológicas y químicas

OLIVES-MALDONADO, Juan Carlos

Coordinador



ECORFAN®

Editor en Jefe

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MSc

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

REYES-VILLAGO, Angélica. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

ISBN: 978-607-8534-99-9

Sello Editorial ECORFAN: 607-8534

Número de Control PBQ: 2019-10

Clasificación PBQ (2019): 041219-102

©ECORFAN-México, S.C.

Ninguna parte de este escrito amparado por la Ley Federal de Derechos de Autor, podrá ser reproducida, transmitida o utilizada en cualquier forma o medio, ya sea gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo, pero sin limitarse a lo siguiente: Citas en artículos y comentarios bibliográficos, de compilación de datos periodísticos radiofónicos o electrónicos. Para los efectos de los artículos 13, 162,163 fracción I, 164 fracción I, 168, 169,209 fracción III y demás relativos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Violaciones: Ser obligado al procesamiento bajo ley de copyright mexicana. El uso de nombres descriptivos generales, de nombres registrados, de marcas registradas, en esta publicación no implican, uniformemente en ausencia de una declaración específica, que tales nombres son exentos del protector relevante en leyes y regulaciones de México y por lo tanto libre para el uso general de la comunidad científica internacional. PBQ es parte de los medios de ECORFAN-México, S.C, E: 94-443.F:008-(www.ecorfan.org)

Proceedings

Definición de Proceedings

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en las Áreas de investigación CONACYT y PRODEP respectivamente, en las Subdisciplinas: Administración de Empresas Turísticas-Administración de Instituciones de la Salud-Administración y Evaluación de Proyectos-Agricultura Sustentable y Protegida-Agroalimentos-Agrobiotecnología-Agroforestal-Agroindustrial-Agronomía-Agrotecnología-Antropología-Arqueología-Arquitectura-Arte y Diseño-Biología-Biología Marina y Manejo de Cuencas-Biomédica-Biotecnología-Botánica-Cardiología-Ciencias de la Comunicación -Ciencias de la Tierra-Ciencias Empresariales-Ciencias y Tecnología de Alimentos-Cirujano Dentista-Contaduría-Criminalística y Ciencias Periciales-Derecho Civil-Derecho Fiscal-Derechos Humanos-Desarrollo de Negocios-Diabetes-Diseño gráfico-Diseño y Moda Industrial-Econometría-Educación Física y Ciencia del Deporte-Educación y Docencia Electrónica y Telecomunicaciones-Energías Renovables-Enfermería-Farmacobiología-Finanzas-Genómica Alimentaria-Geociencias-Gerontología-Gestión de PyMES-Gestión Urbana-Humanidades-Industrias Alimentarias-Informática-Informática Administrativa-Ingeniería Aeronáutica-Ingeniería Bioquímica-Ingeniería de Petróleos-Ingeniería en Agronegocios-Ingeniería Forestal-Ingeniería Industrial-Ingeniería Química-Innovación Sustentable Agrícola-Lengua y Cultura-Logística y Transporte-Mantenimiento Industrial-Mantenimiento Petrolero-Manufactura Aeronáutica-Matemáticas Aplicadas-Mecánica Automotriz-Mecatrónica-Medicina-Mercadotecnia-Metrología Industrial-Minería-Nanotecnología-Nefrología-Negocios Internacionales-Nutrición-Pediatría-Procesos Industriales-Química Industrial-Quiropráctica -Recursos Naturales-Robótica-Seguridad Industrial y Ecología-Seguridad Pública y Ciencias Forenses-Seguridad y Automatización Industrial-Sistemas Automotrices-Sistemas Computacionales-Sistemas de Calidad-Sistemas de Producción Agropecuarios-Sociología-Tecnología Ambiental-Tecnología Farmacéutica-Tecnologías Bioalimentarias-Tecnologías de la Información-Tecnologías de la información y comunicación-Tecnologías de Manufactura-Telemática-Terapia Física-Topográfica e Hidrología-Turismo y Zootecnia.

ECORFAN-Mexico S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Proceedings es un Producto editado por ECORFAN-Mexico S.C en su Holding con repositorio en México, es una publicación científica arbitrada e indizada. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de las Área de investigación CONACYT y PRODEP respectivamente con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias. El horizonte editorial de ECORFAN-Mexico® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

NUÑEZ - SELLES, Alberto Julio. PhD
Instituto Central de Análisis de Alimentos Utrecht

ESCAMILLA - GARCÍA, Erandi. PhD
Université de Bourgogne

NAVARRO - FRÓMETA, Amado Enrique. PhD
Instituto de Petróleo y Química Azerbaiján

ARMADO - MATUTE, Arnaldo José. PhD
Universidad de los Andes

RIVERA - BECERRIL, Facundo. PhD
Institut National de la Recherche Agronomique

CHEW - HERNÁNDEZ, Mario Luis. PhD
University of Nottingham

SOTERO - SOLIS, Victor Erasmo. PhD
Universidade de São Paulo

CORNEJO - BRAVO, José Manuel. PhD
University of California

OROPEZA - GUZMÁN, Mercedes Teresita . PhD
National Polytechnique de Toulouse

PINA - LUIS, Georgina Esther. PhD
Universidad de la Habana

CARVAJAL - MILLAN, Elizabeth. PhD
École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier

CRUZ - REYES, Juan. PhD
Instituto de Catálisis y Petroleoquímica

STILIANOVA - STOYTCHEVA, Margarita. PhD
Universidad de Tecnología Química y Metalurgia de Sofia

CASTRO - CECEÑA, Ana Bertha. PhD
University of California

CÓRDOVA - GUERRERO, Iván. PhD
Universidad de la Laguna

MELÉNDEZ - LÓPEZ, Samuel Guillermo. PhD
University of California

FRÍAS - DE LEÓN, María Guadalupe. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

RAMÍREZ - LEAL, Roberto. PhD
Centro de Investigación en Materiales Avanzados

GAMBOA - HERNÁNDEZ, Adriana. PhD
Instituto Tecnológico de Saltillo

HERNANDEZ - HERNANDEZ, Francisca. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

CASTAÑÓN - OLIVARES, Laura Rosio. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

OCHOA - TERÁN, Adrián. PhD
Tecnológico Nacional de México

SANTACRUZ - ORTEGA, Hisila del Carmen. PhD
Instituto Tecnológico de Tijuana

VALDEZ - SALAS, Benjamín. PhD
Universidad Autónoma de Guadalajara

FRONTANA - VAZQUEZ, Carlos Eduardo. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

Comité Arbitral

PALOS - PIZARRO, Isidro. PhD
Centro de Investigación en Química Aplicada

VALDÉS - ORDOÑEZ, Alejandro. PhD
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

HERRERA - PÉREZ, Gabriel. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

RIOS - DONATO, Nely. PhD
Universidad de Guanajuato

ALVARADO - FLORES, Jesús. PhD
Universidad Autónoma de Aguascalientes

DE LEON - FLORES, Aneel. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

MARTÍNEZ - HERRERA, Erick Obed. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

DUARTE - ESCALANTE, Esperanza. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

SALAZAR - HERNÁNDEZ, Ma. Mercedes. PhD
Universidad de Guanajuato

GARCÍA - ORTEGA, Héctor. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

RANGEL - VILLALOBOS, Héctor. PhD
Universidad de Guadalajara

QUIROZ - CASTILLO, Jesús Manuel. PhD
Universidad de Sonora

CERTUCHA - BARRAGÁN, María Teresa. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

SUÁREZ - ALVAREZ, Roberto Osvaldo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

CALVA - BENÍTEZ, Laura Georgina. PhD
Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca

LÓPEZ - MALDONADO, Eduardo Alberto. PhD
Tecnológico Nacional de México

MAGANA - BADILLA, Héctor Alfonso. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

MARTÍNEZ - QUIROZ, Marisela. PhD
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

LÓPEZ - URETA, Luz Cecilia. PhD
Universidad de Guadalajara

DEL VALLE - GRANADOS, José Mario. PhD
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

HURTADO - AYALA, Lilia Angélica. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

RIVERA - ITURBE, Fernando Felipe. PhD
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

VALDEZ - CASTRO, Ricardo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

VILLARREAL - GÓMEZ, Luis Jesús. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

COTA - ARRIOLA, Octavio. PhD
Universidad de Sonora

LOUVIER-HERNANDEZ, José. PhD
Instituto Tecnológico de Celaya

BONILLA - BARBOSA, Jaime Raúl. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

LOPEZ - ZAMORA, Leticia. PhD
Instituto de Tecnología de Orizaba

LUNA - ARIAS, Juan Pedro. PhD
Instituto Politécnico Nacional

MENDOZA - CASTILLO, Didilia Ileana. PhD
Instituto Tecnológico de Aguascalientes

RAMÍREZ - JIMÉNEZ, Sandra Ignacia. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

GONZALEZ - HERRERA, Lizbeth. PhD
Universidad Autónoma de Yucatán

BURGOS, Armando. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

MARTINEZ - DUNCKER, Iván. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

GADEA, José Luis. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

GARCIA - BETANCOURT, María Luisa. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

SALDARRIAGA, Hugo. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

LOPEZ - REVILLA, Rubén. PhD
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica

JIMÉNEZ - MOLEÓN, María Del Carmen. PhD
Universidad Autónoma del Estado de México

MORÁN - MARTÍNEZ, Javier. PhD
Universidad Autónoma de Coahuila

Cesión de Derechos

El envío de una Obra Científica a ECORFAN Proceedings emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones científicas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Obra Científica.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Obra Científica se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding México considere pertinentes para divulgación y difusión de su Obra Científica cediendo sus Derechos de Obra Científica.

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación de la Obra Científica y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORCID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor de la Obra Científica.

Detección de Plagio

Todas las Obras Científicas serán testeadas por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción de la Obra Científica notificando a los Autores responsables. , reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todas las Obras Científicas se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homologo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del ECORFAN Proceedings con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de la Obra Científica Modificado para Edición-Publicación.

Ciencias biológicas y químicas

Volumen I

El Proceedings ofrecerá los volúmenes de contribuciones seleccionadas de investigadores que contribuyan a la actividad de difusión científica para su área de investigación en la función de la Universidad ante los retos de la Sociedad del Conocimiento. Además de tener una evaluación total, se colabora con calidad y puntualidad en sus capítulos, cada contribución individual fue arbitrada a estándares internacionales (RESEARCH GATE, MENDELEY, GOOGLE SCHOLAR y REDIB), el Proceedings propone así a la comunidad académica, los informes recientes sobre los nuevos progresos en las áreas más interesantes y prometedoras de investigación en la función de la Universidad ante los retos de la Sociedad del Conocimiento.

Olives Maldonado, Juan Carlos

Coordinador

Ciencias biológicas y químicas

Proceedings T-I

Contenido	Pag.
<p>Proceso de oxidación mediante electrólisis en un pistón de alto impacto CERRITO-TOVAR, Iván de Jesús, VALDEZ-MEDRANO, Adriana Paulina, GARCÍA-DUARTE, Oscar Enrique y MEDIN- SANCHEZ, David Alejandro</p>	1-9
<p>Composición química de la carne y productos cárnicos de Pecarí de Collar (<i>Pecari tajacu</i>) CARRILLO-MENDIBURU, Felipe de Jesús, TOLEDO-LÓPEZ, Víctor Manuel, MONTES-PÉREZ, Rubén Cornelio y CUEVAS-GLORY, Luis Fernando</p>	10-19
<p>Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de extractos (CO₂ supercrítico y convencional) de harina de <i>Brosimum alicastrum</i> MOO-HUCHIN, Mariela Irene, COHUO-HUCHIN, María del Rosario y MOO-HUCHIN, Victor Manuel</p>	20-31
<p>Implicaciones ambientales y restauración de las presas de jales de la minería metálica DUARTE-ZARAGOZA, Victor Manuel, LOZANO-CAMARGO, Maria Luisa y VEGA-LOYOLA, Miriam</p>	32-44
<p>Victimización de áreas naturales: el caso del cerro de Amalúcan y la zona protegida de Flor del Bosque MORALES-ORTEGA, José Alejandro, PÉREZ-ÁNGELES, Juan Manuel y CASTILLO-REYES, Alberto Rosendo</p>	45-55
<p>Adaptando y adoptando alimentos funcionales tradicionales mexicanos NILA-MENDEZ, Alejandro G., SANCHEZ-MUNDO, Maria de la Luz, GABINO-ROMAN, Francisco Javier y HERNANDEZ-DOMINGUEZ, Elizabeta</p>	56-67
<p>Frutas tropicales como fuentes de antioxidantes y sus perspectivas en la industria de bebidas VÁZQUEZ-BRIONES, María Del Carmen, CHAVEZ-REYES, Yanet y MATA-GARCÍA, Moisés</p>	68-81

Proceso de oxidación mediante electrólisis en un piston de alto impacto

Oxidation process by electrolysis in a high impact piston

CERRITO-TOVAR, Iván de Jesús, VALDEZ-MEDRANO, Adriana Paulina, GARCÍA-DUARTE, Oscar Enrique y MEDIN- SANCHEZ, David Alejandro

Universidad Politécnica de Juventino Rosas

ID 1^{er} Autor: *Iván de Jesús, Cerrito-Tovar* / **ORC ID:** 0000-0002-8601-9911

ID 1^{er} Coautor: *Adriana Paulina, Valdez-Medrano* / **ORC ID:** 0000-0003-1867-2510

ID 2^{do} Coautor: *Oscar Enrique, García-Duarte* / **ORC ID:** 0000-0002-4781-8438

ID 3^{er} Coautor: *David Alejandro, Medin- Sanchez* / **ORC ID:** 0000-0002-6181-1953

I. Cerrito, A.Valdez, O. García, D. Medin

icerrito_ptc@upjr.edu.mx

J. Olives, (Dir.). Ciencias biológicas y químicas, Proceedings-©ECORFAN-México, CDMX, 2019.

Abstract

This paper shows the results where the piston surface turns into aluminium oxid because an electrochemical conversion that it's made in the electrochemical cells. The oxidation helps like a protection for the rest of the piece. Depending of the thickness, is how it will protect the mechanical element. The oxidation by electrolysis has some economic advantages when is applicated to the aluminium piston. It depends of the aluminium alloy that is going to treat, that's the reason it needs to find the correct parameters, experiments were carried out until finding the appropriate parameters. During this period, we found the next parameters: Temperature, concentration, investment time, required current density, hardness, oxidized layer thickness. After to the definition of the parameters, it has made some pilot tests where it applied those parameters to 20 pistons to be sure of the process and make a continuous process to see some variation that it can occurs. Because the intention is to work with the superior zone called critical zone, one time that the process is applied hereby generally improving its hardness, wear resistance and helps to withstand higher temperatures.

Piston, Aluminium oxid, Hardness

Resumen

Éste trabajo muestra los resultados donde la superficie de aluminio se oxida o mejor dicho se convierte en óxido de aluminio por medio de una conversión electroquímica como consecuencia de las reacciones que ocurren en la celda electroquímica. Dicha oxidación ayuda como capa protectora para el resto de la pieza. Dependiendo del espesor de la capa es como le servirá a dicha pieza para su protección. La oxidación mediante electrólisis aporta ventajas económicas en su aplicación al pistón fabricado en aluminio. Dependiendo de la aleación de aluminio con la que se vaya a trabajar, se tienen que encontrar los parámetros adecuados para lo cual se trabajó mediante experimentación hasta lograr el resultado adecuado. Durante este periodo se obtuvieron los siguientes parámetros: Temperatura, concentración, tiempo de inmersión, densidad de corriente requerida, dureza y espesor de capa oxidada. Posterior a la definición de dichos parámetros se implementaron pruebas piloto donde se aplicaron tales parámetros a grupos de 20 pistones para corroborar los mismos y generar un proceso continuo para evitar alguna variación durante el proceso. Debido a que se pretende tratar la zona superior del pistón considerada como la parte crítica del elemento, una vez aplicado el proceso servirá para mejorar su resistencia al desgaste, mejorará su dureza y podrá soportar mayores temperaturas durante el proceso de combustión.

Pistón, Óxido de Aluminio, Dureza

Introducción

El pistón es fabricado la mayoría de las veces en aleaciones de aluminio, por lo tanto, con tal de aumentar su vida y resistencia, se pensó en un proceso mediante el cual se oxida el aluminio de la llamada cabeza del pistón. Con la implementación de dicho proceso se pretende también reducir costos de fabricación del pistón debido a que dicha oxidación será como un exceso de metal con el cual ayudaras a resistir las altas temperaturas que se generan con el proceso de combustión interna.

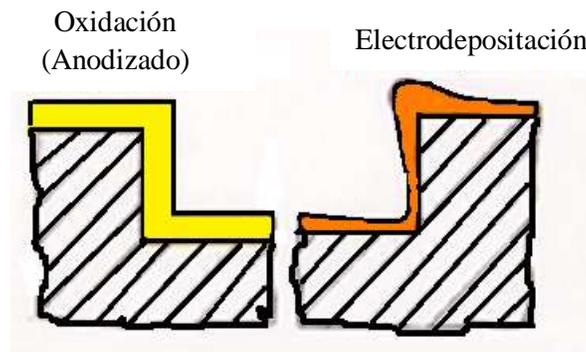
Development of headings and subheadings of the article with subsequent numbers

Establecimiento del Proyecto

En este proyecto fue dividido en 3 secciones, la primera fue a nivel laboratorio con pruebas piloto, sección en la cual se instrumento un sistema electroquímico con componentes electrónicos y celdas electroquímicas junto con un medio ácido para lograr el tratamiento en la superficie de interés, con dicho sistema se logro encontrar los parámetros necesarios para lograr una superficie dura en un sustrato fabricado de la misma aleación de aluminio de la cual están fabricados los pistones. La segunda sección del proyecto es la implementación de tales parámetros encontrados a nivel laboratorio aplicados a una cantidad considerable de pistones. Por ultimo se seleccionaron equipos, dispositivos, junto con su instrumentación para establecer los parámetros que se requieren y aplicar el proceso a un nivel de producción en línea dentro de la industria. La tercera sección es un análisis por medio de un software CAD / CAE para poder tener una idea del comportamiento que tiene el pistón antes y después del tratamiento.

En este tipo de procesos son considerados 3 principales, los cuales son: procesos crómicos (Tipo I), en los cuales el electrolito es ácido crómico; procesos sulfúricos (Tipo II) en los cuales los electrolitos son ácidos sulfúricos; y procesos de anodizado duro (Tipo III) donde los electrolitos son ácido sulfúrico solo o con aditivos [1]. Tal proceso se representa en la figura 1.

Figura 1 Proceso de oxidación en metales



La oxidación mediante electrólisis, la cual encuentra bastantes aplicaciones en varios campos dentro de la industria, proporciona una película relativamente gruesa de óxido de aluminio (Al_2O_3 , alúmina) sobre la superficie de aluminio. Los pistones de aluminio, vaciados en su mayoría de aleaciones de Aluminio - Silicio, están sometidos a demandas importantes en términos térmicos y estructurales. Por muchos años, la solución para minimizar el efecto de temperatura ha sido generar una capa gruesa de óxido (de 20 a 110 μm) sobre la cabeza del pistón mediante el proceso de oxidación mediante electrólisis [2, 3]. Debido a la baja conductividad térmica de la alúmina (oxidación), durante la vida útil del pistón esta actúa como una barrera térmica. Entre otras características de la oxidación por electrólisis son buena resistencia a la corrosión, alta dureza, una resistencia al desgaste que depende del espesor de la película de óxido y buenas propiedades dieléctricas y de disipación del calor. Comparado con capas anodizadas estándar, el anodizado duro se obtiene bajo condiciones específicas [1]:

- Temperaturas entre -4°C y 10°C
- Densidades de corriente entre 2 y 3.5 A
- Electrolitos basados en ácido sulfúrico 15%
- Tiempo de inmersión de 30 a 70 minutos

Dentro de algunas publicaciones los parámetros de tal proceso se mantienen confidenciales. Por tanto, si se requirió implementar este proceso en Brobedani, se necesita el desarrollo de pruebas de laboratorio para encontrar los parámetros óptimos de la oxidación mediante electrólisis, propios para las aleaciones de aluminio con que se elaboran los pistones de alto impacto.

En Brobedani, se pretende oxidar el pistón formado con la aleación Al-Si llamada AS-17. Buscando espesor de capa de $15 \pm 10 \mu\text{m}$ para motores de gasolina (alto impacto). En [3] se propone un método para oxidación de cabeza de pistón de aluminio para motores de combustión interna. Los resultados obtenidos fueron una capa de óxido de 60-80 μm , con una dureza mayor a 400 HV, una resistencia a la fatiga térmica igual a la de los procesos estándar de oxidación mediante electrólisis, en un tiempo mucho menor que el tiempo estándar. Los parámetros usados fueron:

- Composición del electrolito: ácido sulfúrico 180 g/l, ácido oxálico 15 g/l
- Temperatura del baño: 2 a 50C
- Densidad de corriente: 22 A/dm²
- Tiempo de tratamiento: 6 a 7 min

Desarrollo de la metodología para obtención de parámetros

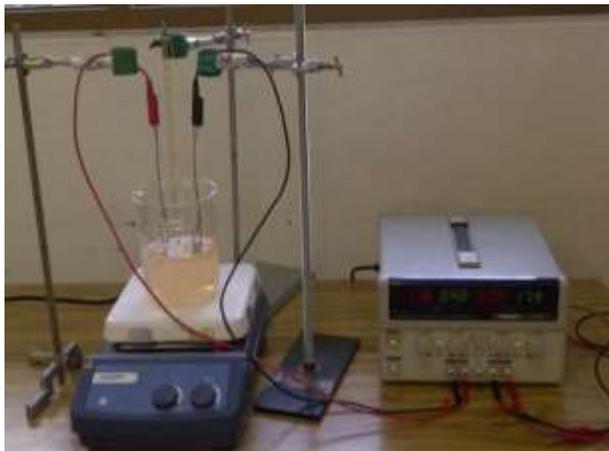
Para el desarrollo de éste Proyecto se realizaron una serie de actividades para la obtención de los parámetros y obtener los resultados esperados, primero se revisó toda la documentación acerca de diferentes proyectos anteriores a éste donde se llevó a cabo el proceso en diferentes materiales con distintas aplicaciones, para obtener una idea y poder comenzar a armar una metodología a seguir.

En Segundo lugar se establecieron una serie de pruebas a nivel laboratorio donde se aplicaron las condiciones previamente documentadas y análisis de los resultados para ajuste de algunos parámetros. Esto permitiendo la realización de las pruebas necesarias con un análisis de resultados con el objetivo de establecer el nivel de escalamiento del proceso a nivel industrial. En Tercer lugar se aplicó tal proceso donde se encontraron los parámetros para oxidación en muestras pero ahora en un pistón para un motor 5.7 Litros. En cuarto lugar se realizó una prueba de campo con pistones “oxidados” en comparación a un motor con pistones sin anodizar y mostrar los resultados con condiciones iguales de operación en ambos motores. Por ultimo se hizo un análisis por medio de un software CAD / CAE con el que se observará su comportamiento estructural con cargas aplicadas en ambos pistones (Con y Sin oxidación).

Obtención de parámetros para la oxidación mediante electrólisis nivel laboratorio

Las muestras de aleación de aluminio AS17 (electrodos) fueron conectadas al circuito mediante caimanes eléctricos, mientras que el contacto eléctrico se estableció por medio de un alambre de cobre de 1.5 mm de diámetro. Como electrodo auxiliar se utilizó una placa de acero. La célula electroquímica fue entonces preparada con los electrodos mencionados y utilizando como electrolito ácido sulfúrico (H_2SO_4), la célula se colocó sobre una parrilla magnética dentro de un recipiente con una solución de metanol con etilenglicol con hielo, como sistema de enfriamiento. La agitación del electrolito permaneció constante en cada uno de los experimentos realizados a 2 r.p.m. Se utilizó una fuente de poder de corriente directa Modelo Tenma 72-7245 con capacidad de 60V y 6 A, según el circuito utilizado. El equipo de experimentación utilizado se muestra en la Figuras 2 (sistema sin enfriamiento).

Figura 2 Sistema de experimentación para proceso de oxidación



Una vez terminando el proceso experimental y ajustar los parámetros utilizados en tal prueba (Figura 3), se retiran las muestras y se colocan en baquetlita, un material utilizado para colocar muestras y observar en microscopio, por lo tanto, una vez montado en tal material se procede a observar los resultados experimentales del proceso de oxidación.

Figura 3 Parámetros utilizados a nivel laboratorio



Oxidación mediante electrólisis del piston

Ya que fueron obtenidos los parámetros para la oxidación de la cabeza del piston, se procede a realizar una replica de la prueba ya en un piston (tamaño real) como se muestra en la figura 4.

Figura 4 Piezas de aluminio montadas en baquelita



Una vez montadas y analizadas las piezas con las cuales se experiment los resultados se muestran en la figura 5.

Figura 5 Espesores obtenidos de las pruebas de laboratorio



Por lo tanto, las condiciones de operación con los cuales se obtuvieron tales espesores son las mostradas en la tabla 1.

Tabla 1 Parámetros de operación

Pistón Aluminio AS-17	
*Conexión en serie	
Condiciones de operación	
Tiempo	45 minutos
Temperatura	35-50 °C
Corriente	3 Amperes
Voltaje	10-30 Volts

Oxidación de un piston en tamaño real

En relación a las pruebas realizadas anteriormente, se utilizaron los mismos parámetros obtenidos como lo fue el tiempo (t), temperatura (T), Corriente (I) y Voltaje (V), manteniendo constante la concentración del ácido sulfúrico de 15 p/p, en piston de aleación AS17 mostrados en la tabla 1.

Los elementos que componen la aleación a oxidar, se muestran en la tabla 2 en la cual, la aleación contiene 15 – 16% de silicio.

Tabla 2 Elementos de la aleación AS17

Elemento	M-124	F-132	AS-17
%Si	11.00 - 13.00	8.5 - 10.5	15 - 16
%Fe	0.7 máx	1.00 máx	0.7 máx
%Cu	0.8-1.3	2.0 - 4.0	2.0 - 3.0
%Mn	0.3 máx	0.5 máx	0.4 máx
%Mg	0.8 - 1.3	0.5 - 1.50	0.5 - 1.0
%Ni	0.8 - 1.3	0.5 máx	0.35 - 0.80
%Zn	0.3 máx	1.00 máx	0.030 máx
%Ti	0.2 máx	0.25 máx	0.2
%Ca	0.007 máx	0.007 máx	0.007 máx

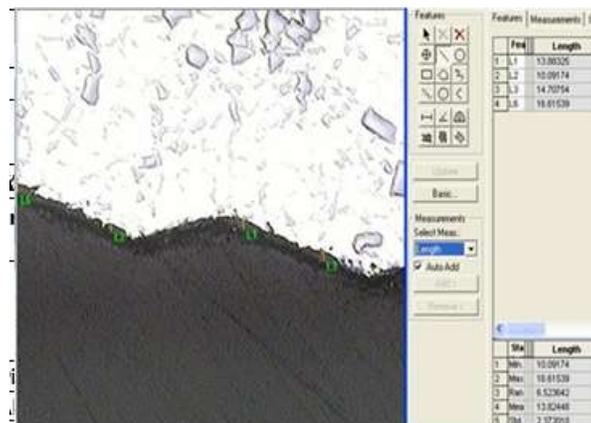
Haciendo una réplica del mismo proceso utilizando el pistón como ánodo y una paca del mismo material como cátodo para la oxidación de la cabeza del pistón que es la parte que está en contacto con la solución. Ya que se siguió el mismo proceso, el resultado final en el pistón se muestra en la figura 7.

Figura 7 Pistón con la cabeza oxidada



Una vez terminado el pistón, se procedió a tomar una muestra del mismo cortándolo para poder medir los espesores de la capa que fue oxidada (figura 8) y comparar con los resultados esperados de acuerdo a las pruebas anteriores. El pistón oxidado pertenece a un automóvil catalogado como alto impacto, es decir, su relación de compresión es mayor de 12:1.

Figura 8 Espesores obtenidos en la muestra



Comprobando que la capa de oxidación se encuentra dentro de sus especificaciones teóricas previamente establecidas, se oxidaron 8 pistones para realizar una prueba de campo en un motor 5.7 litros del año 2009. La prueba consistió en montar un motor con 8 pistones “oxidados” comparado con un motor con pistones sin dicho proceso, los resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3 Resultados de prueba de campo

	Motor con pistones sin oxidar	Motor con pistones "oxidados"
Motor	Ram Pickup 250 HEMI Sport 5.7 2009	Ram Pickup 250 HEMI Sport 5.7 2009
Potencia máxima	390 CV	391 CV
Consumo urbano/ carretera/ mixto	13.81 / 100 km	13.61 / 100 km
Emisiones de CO ₂ Xm ³	325 gr	318 gr
Distancia total recorrida (Tanque lleno)	721 km	732 km

Análisis Estructural (Software)

Para entender un poco más el comportamiento del pistón con la capa de oxidación que se le aplico mediante el proceso que se establecido previamente, se realizó un análisis estructural por medio de un software CAD / CAE para poder analizar su comportamiento estructural con y sin oxidación. El primer paso fue realizar el modelo del pistón en 3D como se muestra en la figura 9.

Figura 9 Modelo 3D Pistón 5.7 Litros

Posterior a tener el modelo en 3D con las dimensiones reales del pistón a oxidar, se realiza un mallado del mismo debido a que se analizará por medio de elemento finito en el mismo software que fue diseñado (Figura 10).

Figura 10 Mallado para análisis por elemento finito

Condiciones de frontera (Análisis)

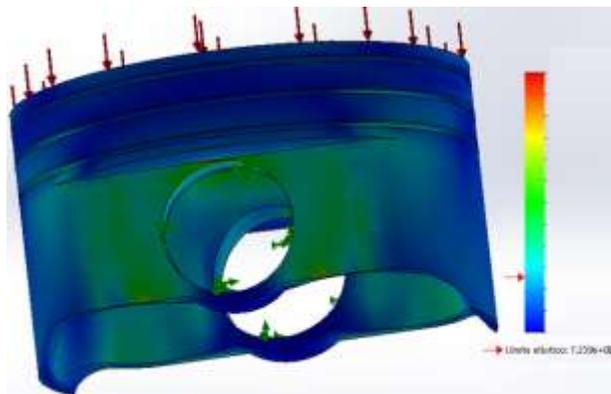
Se realizaron 2 análisis estructurales, como se muestra en la tabla 4, en ambos modelos se les aplico las mismas condiciones de frontera, con la diferencia que el modelo con oxidación se compuso de 2 elementos, el primero fue la aleación AS17 que fue el cuerpo del pistón y la cabeza del pistón fue seleccionada como alumina (Óxido de aluminio), de ese modo se está analizando el pistón con las condiciones reales de operación.

Tabla 4 Condiciones de frontera para su análisis

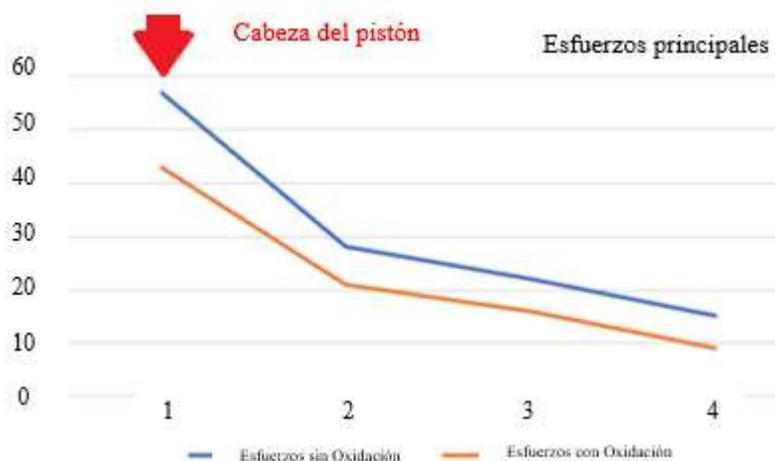
	Pistón sin oxidación	Pistón "Oxidado"
Material	Aleación AS17	Aleación AS17 /Alúmina
Sujeciones	Barreno de perno-fijo	Barreno de perno-fijo
Cargas externas	Presión en cabeza 8.54 Mpa	Presión en cabeza 8.54 Mpa

Resultados del análisis estructural

Una vez que se corrieron ambos análisis, los resultados numéricos son los que analizaremos, pero el software nos muestra a través de una gama de colores los esfuerzos que son soportados por los elementos analizados tal como se muestra en la figura 11.

Figura 11 Resultado del análisis estructural

De acuerdo al análisis visual por medio de la gama de colores que maneja el software, se puede observar que los mayores esfuerzos en ambos análisis son en la zona de barreno de perno. Los esfuerzos soportados en la cabeza del pistón con y sin oxidación se muestran en la gráfica 1:

Gráfica 1 Comparación de esfuerzos principales en pistón

Conclusiones

Los parámetros de operación se pueden replicar para poder obtener el espesor buscado como se muestran en las tablas mostradas en la obtención de parámetros. Las condiciones obtenidas en elementos de la aleación AS17 pusieron reproducirse en áreas más grandes como lo fue el pistón en su tamaño real. Debido a la rugosidad del mismo óxido es como está determinada su dureza, por lo tanto, los métodos tradicionales son limitados para la caracterización de éste material. En el análisis por medio de elemento finito se pudieron observar que los esfuerzos son reducidos hasta en un 23% en su geometría con oxidación en comparación al pistón sin el proceso de oxidación aplicado.

Referencias

- Asm Specialty Handbook, "Aluminum and Aluminum Alloys", 1ª Edición, Ed. ASM International, United States, (1998).
- Bailey, G. and Wood, G. C., "The Morphology of Anodic Films Formed on Aluminum in Oxalic Acid", Trans. Inst. Metal Finish, Vol. 52, pp.187-199, (1974)
- Csokán, P., "Some Observations on the Growth Mechanism of Hard Anodic Oxide Coatings on Aluminum", 6th International Metal Finishing Conference, Vol. 41, pp. 51-56, (1964).
- J.S. Safrany and M. Santarini, Fast anodizing of aluminum piston heads, Aluminum Pechiney, Voreppe, France, 1992.
- Lizarbe, R., "Oxidación anódica, coloración y sellado del aluminio", Teoría y Práctica de la Lucha Contra la Corrosión, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C.), 1ª Edición, Grafimad.S.A., Madrid, (1984).
- Scott, B. A., "Decorative and Protective Finishes Produced on Aluminum by Hard Anodizing", Trans. Institute Metal Finishing, Research Laboratories British Aluminum Co Ltd, Vol 43, pp.1-8, Chalfont Park, Buckinghamshire, (1965)
- Surface engineering, ASM Metals Handbook, Vol, 5, 1994.
- Thompson, G. E. y Wood, G. C., "Anodic Films on Aluminum", Treatise on Material Science and Technology, 1ª Edición , Vol. 23, Cap. 5, Ed. J. C. Scully, Academic Press, London, (1983).
- Wernick, S., Pinner, R. y Sheasby, P. G., "The Surface Treatment and Finishing of Aluminum and its Alloys", Cap.9 y 11, 5a Edición, Vol. 1, ASM International. Metals Park, Ohio, USA., Finishing Publications Ltd., England, (1987).
- Y. Suzuki, Surface modifications of piston and cylinder liners, J. Materials Engineering, 10, pp. 61-67, 1988.

Composición química de la carne y productos cárnicos de Pecarí de Collar (*Pecari tajacu*)

Chemical composition of collared peccary (*Pecari tajacu*) meat and meat products

CARRILLO-MENDIBURU, Felipe de Jesús†*, TOLEDO-LÓPEZ, Víctor Manuel, MONTES-PÉREZ, Rubén Cornelio y CUEVAS-GLORY, Luis Fernando

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Mérida, km 5 Mérida-Progreso, 97118 Mérida, Yucatán, México

Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, km 15.5 Mérida-Xmatkuil, 97100 Mérida, Yucatán, México

ID 1^{er} Autor: *Felipe de Jesús, Carrillo-Mendiburu* / **ORC ID:** 0000-0003-1605-6212

ID 1^{er} Coautor: *Víctor Manuel, Toledo-López*

ID 2^{do} Coautor: *Rubén Cornelio, Montes-Pérez*

ID 3^{er} Coautor: *Luis Fernando, Cuevas-Glory*

F. Carrillo, V. Toledo, R. Montes y L. Cuevas

Felipe_Carrillo85@hotmail.com

J. Olives (Dr.). Ciencias biológicas y químicas. Proceedings-©ECORFAN-Mexico, 2019.

Abstract

The collared peccary meat is characterized by having a dark color, being lean and possessing distinct sensory characteristics to commercial pork as well as a high nutritional value and low energy value, and therefore valuable for human nutrition. Likewise, it is intended to add value to the collared peccary meat through the elaboration of meat products and their subsequent chemical, physicochemical and volatile characterization. The objective of this work was to characterize the meat by chemical and physicochemical analysis and to characterize the collared peccary meat products by chemical, physicochemical, sensory and volatile analysis and compare them with those of commercial pork. The collared peccaries were obtained from the Xmatkuil Management and Wildlife Conservation Unit, Municipality of Merida, Yucatan, Mexico. The slaughter was carried out on the abattoir from the Biological and Agricultural Sciences Campus of the Autonomous University of Yucatan (UADY). The edible portions were washed, weighed and kept refrigerated until chemical analysis. The moisture, protein, fat, ash, pH, water activity from the edible parts were determined. The volatiles compounds analysis was carried out by Solid Phase Microextraction (SPME). The collared peccary meat as well as meat products contained a lower percentage of fat and a high percentage of protein being valuable for human nutrition. 26 volatile compounds were identified in longaniza sausage and 13 in chorizo sausage. There was no significant difference between both samples since most of the compounds came from the ingredients.

Collared peccary, Chemical analysis, Pork, Meat products

Introducción

La supervivencia del ser humano depende de la biodiversidad y su principal fuente de proteína animal ha sido la fauna silvestre. La dieta de las poblaciones rurales en ambientes tropicales incluye 70% de carne obtenida de las cacerías (Marmolejo, 2000).

El pecarí de collar (*Pecari tajacu*) ha formado parte de la dieta de varias culturas Mesoamericanas desde tiempos prehispánicos hasta la actualidad, debido a su alto rendimiento en canal, al sabor de su carne y a la relativa facilidad para cazarlo (Mandujano y Rico-Gray, 1991; Martínez-Romero y Mandujano, 1995; González, Montes y Santos, 2003; Claus, Kai y Satterfield, 2010). Esta especie cuenta con un amplio rango de distribución natural que va desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina, habitando en una gran variedad de ambientes como bosque tropical perennifolio, bosques caducifolios, matorral espinoso, manglar, bosque de pino-encino y áreas degradadas por actividades agrícolas y ganaderas. En México, solo está ausente en la península de Baja California y parte de la región central de la República Mexicana (Leopold, 1965). Las poblaciones de pecarí en México y Estados Unidos permanecen relativamente estables y no están incluidas en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES, por sus siglas en inglés); sin embargo, está catalogada en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) como una especie de preocupación menor (IUCN, 2012). En México, la especie no se encuentra catalogada bajo situación de riesgo (NOM 059-SEMARNAT-2010).

El pecarí es considerado como una alternativa económica viable para comunidades humanas que puedan usufructuar la especie. Su aprovechamiento razonable no supone ningún riesgo para las poblaciones en vida libre (Rengifo y Navarro, 2002; Navarro et al., 2004), por lo que ha sido una de las principales especies empleadas en las Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de Vida Silvestre (UMA) registradas entre 1997 y 2008 (CONABIO, 2012), radicando su importancia en su valor ecológico, alimenticio y económico.

El pecarí de collar (*Pecari tajacu*) es una especie animal con potencial comercial por su característica reproductiva (2 partos al año con prolificidad de 1.5 crías), fácil manejo en estabulación (Sowls, 1997) y el consumo de diferentes forrajes locales (Mukul, 2003). Sin embargo, esta especie de animal no ha recibido atención en México y tampoco ha sido caracterizado en relación a la calidad de su carne.

En Yucatán, el pecarí de collar se encuentra dentro de las especies con mayor potencial productivo debido a su alta demanda de carne fresca. Por consiguiente, el pecarí de collar es el tercer animal más cazado en el estado, después del venado cola blanca y venado temazate, lo que ha ocasionado que sus poblaciones se encuentren cada vez más reducidas (Mukul *et al.*, 2007). La carne de pecarí de collar se caracteriza por presentar un color oscuro, magra y con características sensoriales relevantes y distintas al cerdo doméstico. Además, la carne de este animal es reconocido por su alto valor nutricional y bajo valor energético (535 KJ).

La caracterización de la carne de pecarí de collar permitiría aportar conocimientos sobre su composición química para su procesamiento en diferentes productos cárnicos. La información sobre su composición química también contribuye en definir estrategias de producción sustentable de la carne. Entonces, el objetivo de esta investigación fue caracterizar la carne y sus productos a través de su composición química.

Materiales y métodos

Obtención de animales y carne

Se obtuvieron animales machos adultos con un peso promedio de 17.5 ± 1.5 kg criados en la UMA Xmatkuil, ubicada en el km 15.5 de la carretera Mérida-Xmatkuil, municipio de Mérida, Estado de Yucatán, la cual es una dependencia de la Universidad Autónoma de Yucatán registrada ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, con la clave de registro DFYFS-CR-IN-0067-YUC/98.

La UMA está constituida por corrales para confinar Tepezcuintles (*Agouti paca*), Venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*), Pecarí de collar (*Pecari tajacu*) y Boa Constrictora (*Boa constrictor*).

El sacrificio y obtención de carne en canal de los animales se llevó a cabo en el rastro del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) de acuerdo a la guía y regulaciones para animales en experimentación (NOM, 2014).

Las porciones comestibles fueron lavadas, pesadas y conservadas a 4 °C hasta el momento de efectuar los análisis químicos.

Elaboración de productos

Chorizo y longaniza

Se cortó la carne magra y la grasa para posteriormente someterla a un proceso de molienda en un Molino de carne Torrey. Posteriormente, se le adicionaron los ingredientes (vinagre, pimentón español, sal común, pimienta negra molida, canela molida, comino, ajo en polvo, clavo en polvo, orégano molido, sal cura y achiote) y se procedió al mezclado manual de la masa. Se dejó a reposar 24 h a 4°C. Después se embutió lentamente la masa cárnica en tripa natural de cerdo de calibre 34-38 mm. Los embutidos fueron atados en forma de ristra (porciones de 10 cm de largo para el chorizo, y porciones de 40 cm de largo para longaniza). Finalmente se colocaron en el ahumador durante 3 h a una temperatura entre 70 y 80° C.

Métodos analíticos

Composición química proximal

La composición química proximal de las muestras de carne y productos cárnicos (chorizo y longaniza) del cerdo comercial y pecarí de collar se determinó en triplicado de acuerdo a los métodos de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists) para humedad, ceniza, proteína y grasa (AOAC, 2005).

Análisis fisicoquímicos

La a_w se determinó utilizando un higrómetro de punto de rocío Aqualab modelo CX-2, depositando 2 g de muestra en la celda e introduciéndola al equipo para realizar la medición.

El pH se determinó utilizando un potenciómetro digital marca Hanna, modelo HI99163 introduciendo la punta cortante en la muestra para realizar la medición.

Análisis de compuestos volátiles por Microextracción en fase sólida

En un vial de espacio de cabeza de 15 ml sellado, se colocaron 2 g de la muestra molida y se agregaron 5 ml de agua destilada con 2 g de sal y luego se selló con un septum de PTFE/silicona. La extracción de los compuestos volátiles se realizó exponiendo la fibra de 65 μm polidimetilsiloxano/divinilbenceno (PDMS/DVB) durante una hora en un baño de agua a una temperatura de 40 °C con agitación constante (100 rpm). El tiempo de equilibrio y de extracción fue de 30 min, respectivamente. Los compuestos adsorbidos por la fibra se identificaron en un equipo de cromatografía de gases; la extracción de los compuestos volátiles se realizó empleando un dispositivo de microextracción en fase sólida (Supelco, Bellafonte, Pennsylvania, EEUU).

La detección del análisis de los compuestos volátiles se realizó en un cromatógrafo de gases Perkin Elmer Clarus 500 (Norwalk, EEUU), acoplado a un Espectrómetro de Masas (EM) Perkin Elmer, Clarus 500 (Norwalk, EEUU) y una columna AT-5MS, 30 m de longitud, 0.25 mm de diámetro y 0.5 μm en su fase estacionaria, operado en modo splitless/split; la temperatura tanto del inyector como del detector fue de 250 °C.

Las condiciones del EM fueron: voltaje de ionización 70 eV, temperatura de la fuente 200 °C, el rango utilizado fue de 35-450 unidades de masa atómica (Delgado *et al.*, 2007; Pino *et al.*, 2005).

La inyección de la fibra se realizó manualmente en modo Split/Splitless por 4 min. El programa de temperatura del horno fue: 50 °C durante 13 min, seguido de un primer gradiente de temperatura lineal de 4°C por minuto hasta alcanzar 150 °C. El segundo gradiente lineal de temperatura fue de 10 °C por minuto hasta alcanzar 210 °C y se mantuvo a esta temperatura durante 5 min, el tiempo de corrida total del análisis cromatográficos fue de 60 min.

Los espectros de masas obtenidos se analizaron mediante el índice de retención (índice de Kovats) y las bases de datos de espectros: NIST, WILEY, FLORA, OPENSOURCE, REPLIB, LIBAK, AROMA y FLAVORLIB.

Resultados y discusión

Composición química proximal

Carne

En la Tabla 2.1 se muestra la composición química de la carne de cerdo comercial y carne de pecaquí de collar, en donde se encontró un mayor porcentaje de humedad para la carne de pecaquí de collar, así como un menor porcentaje de grasas y cenizas respecto a la carne comercial de cerdo. Sin embargo, en cuanto al porcentaje de proteínas, no existe diferencia significativa entre ambas especies.

El contenido de proteína de la carne de ambas especies estudiadas (21.65% y 20.53% para pecaquí de collar y cerdo comercial, respectivamente) es mayor respecto a lo reportado por González (2010), en un estudio sobre Cerdo Pelón Mexicano (19.55 %). Asimismo, el contenido de grasa cruda del pecaquí de collar (2.50%), es menor a lo reportado por González (2010) (6.09 %). Por otro lado, en un estudio realizado por Molina (2006) sobre cerdos comerciales reportó un porcentaje de proteína (22.01 %) en el lomo, siendo este valor superior a lo reportado en este estudio. Los resultados de la composición química proximal confirman que la carne de pecaquí de collar es magra y con un alto porcentaje de proteínas, por lo que esta carne es muy valiosa para la nutrición humana.

Como se había mencionado anteriormente, en México no se ha realizado ningún estudio sobre las características bromatológicas y fisicoquímicas de la carne de pecaquí de collar; sin embargo, Gálvez *et al.* (1999) realizaron un estudio en la ciudad de Iquitos, Perú sobre la preferencia del consumo de la carne de monte por parte de la población urbana destacando en orden de preferencia las de pecaquí de collar “Sajino” (*Pecari tajacu*), tepezcuintle “Majaz” (*Agouti paca*), tortuga de patas amarillas “Motelo” (*Geochelone denticulata*) y venado temazate “Venado colorado” (*Mazama americana*).

Entre los resultados de dicho estudio cabe destacar que la carne de pecarí de collar obtuvo los valores más altos de humedad, y como el segundo valor más alto en proteínas, después del venado.

Chorizo

En la Tabla 2.2 se muestra la composición química del chorizo elaborado con carne de dos especies de animales, en donde se encontró un mayor porcentaje de humedad (58.40 %), cenizas (4.90 %) y proteínas (28.08 %), así como un menor porcentaje de grasas (2.50 %) en el chorizo elaborado con carne de pecarí de collar respecto al chorizo elaborado con carne de cerdo comercial.

Los productos cárnicos obtenidos tanto de la carne de pecarí como la carne de cerdo comercial tienen una composición química distinta al chorizo de cerdo pelón mexicano (González, 2010); esta diferencia puede ser atribuida al origen de la carne. En otro estudio, se reportó que el valor de humedad y proteínas de un chorizo tipo Pamplona de cerdo de pelón mexicano fue de 49.7% y 7.1%, respectivamente (Pérez *et al.*, 1999); estos valores son más bajos a los reportados en este trabajo; por lo que se confirma que el chorizo desarrollado tiene mayor valor nutricional.

Tabla 2.1 Composición química de la carne de cerdo comercial y pecarí de collar (*Pecari tajacu*)

Componente (%)	Cerdo comercial (promedio± D.E)	Pecarí de collar (promedio± D.E)
Humedad	74.20±0.86	78.16±0.39
Proteínas	21.65±0.68	20.53±0.85
Grasas	6.41±0.403	2.50±0.20
Cenizas	1.28±0.013	1.04±0.01

D.E= desviación estándar

Tabla 2.2 Composición química del chorizo de cerdo comercial y pecarí de collar (*Pecari tajacu*)

Componente (%)	Cerdo comercial (promedio± D.E)	Pecarí de collar (promedio± D.E)
Humedad	54.82±1.64	58.40±0.34
Proteínas	23.79±0.78	28.08±0.37
Grasas	13.26±1.23	4.435±0.73
Cenizas	4.24±0.95	4.902±0.17

D.E= desviación estándar

Longaniza

En la Tabla 2.3 se muestra la composición química de la longaniza elaborada con carne de cerdo comercial y con carne de pecarí de collar. Cuando se comparan ambos productos, la longaniza de pecarí de collar contiene menos cantidad de grasas (2.49 %), mayor humedad (58.85 %), cenizas (4.74 %) y proteínas (32.18 %).

Los productos cárnicos obtenidos de la carne de pecarí de collar y de cerdo comercial tienen una composición química distinta a varios tipos de embutidos de la Huasteca Hidalguense (Austrias, 2007); esta diferencia puede ser atribuida al origen de la carne. En dicho estudio, se reportó un valor de humedad (50.57 %) y cenizas (1.59 %); estos valores son más bajos a los reportados en este trabajo; asimismo, se reportó un contenido de grasas (24.13%), el cual fue mayor al reportado en este trabajo. Con base en los resultados obtenidos de la longaniza elaborada, se puede confirmar que es más nutritiva.

Tabla 2.3 Composición química de longaniza de cerdo comercial y pecarí de collar (*Pecari tajacu*)

Componente (%)	Cerdo comercial (promedio± D.E)	Pecarí de collar (promedio± D.E)
Humedad	57.87±1.34	58.85±12.86
Proteínas	19.41±0.22	32.18±0.36
Grasas	17.12±3.41	2.49±1.27
Cenizas	4.28±0.29	4.74±0.08

D.E= desviación estándar

Análisis fisicoquímico

Carne

En la Tabla 2.4 se muestra el análisis fisicoquímico de la carne de cerdo comercial y de pecaquí de collar, donde se encontró un mayor valor de pH en la carne de pecaquí de collar respecto a la carne de cerdo comercial. No hubo diferencia entre los valores de a_w de la carne de cerdo comercial y pecaquí de collar.

La a_w es un parámetro estrechamente ligado a la humedad del alimento, lo que permite determinar su capacidad de conservación, deterioro microbiano, etc.

Se encontró que la carne de pecaquí de collar y de cerdo comercial presentan valores de pH menores a 7, esto se debe a que cuando el animal es sacrificado, se desencadenan una serie de reacciones químicas dando lugar a ácido láctico y su consecuente descenso de pH.

Estos dos parámetros son determinantes en la calidad de la carne, por lo que es muy importante su control en las salas de despiece, mataderos y plantas manipuladoras de carne.

El contenido de a_w y pH de la carne de pecaquí de collar es similar al reportado por González (2010) en carne de Cerdo Pelón Mexicano donde encontró una a_w de 0.983 y pH de 5.22.

Tabla 2.4 Propiedades físico-químicas de la carne de cerdo comercial y pecaquí de collar (*Pecari tajacu*)

Propiedad	Cerdo comercial (promedio \pm D.E)	Pecaquí de collar (promedio \pm D.E)
a_w	0.98 \pm 0.00	0.98 \pm 0.00
pH	4.66 \pm 0.20	5.47 \pm 0.69

D.E= desviación estándar

Chorizo

En la Tabla 2.5 se muestra el análisis fisicoquímico del chorizo elaborado con carne de cerdo comercial y de pecaquí de collar donde no se encontraron diferencias significativas entre ambas muestras

El contenido de a_w de las muestras de chorizo elaborado con carne de cerdo comercial y de pecaquí de collar es similar al reportado por González (2010) en un estudio donde elaboró chorizo con carne de Cerdo Pelón Mexicano y encontró valores de a_w (0.920) y pH (4.96).

Pérez *et al* (1999) elaboraron y evaluaron embutidos procesados y madurados con carne de Cerdo Pelón Mexicano como es el caso del Chorizo de Pamplona, donde encontraron valores mayores de a_w (0.97) y menores de pH (4.53). Esta diferencia puede ser atribuida al origen de la carne

Tabla 2.5 Propiedades físico-químicas de chorizo de cerdo comercial y pecaquí de collar (*Pecari tajacu*)

Propiedad	Cerdo comercial (promedio \pm D.E)	Pecaquí de collar (promedio \pm D.E)
a_w	0.93 \pm 0.00	0.92 \pm 0.00
pH	5.61 \pm 0.03	5.4 \pm 0.08

D.E= desviación estándar

Longaniza

Los valores de a_w y pH de la longaniza reportados en este trabajo son variables entre ambas especies de animales (Tabla 2.6).

El contenido de a_w de la longaniza elaborada con carne de cerdo y de pecaquí de collar es menor al reportado por Austria (2007), en donde elaboró y evaluó varios tipos de embutidos de la Región Huasteca en Hidalgo y obtuvo resultados de a_w (0.98). Asimismo, el valor de pH de la longaniza elaborada con carne de cerdo y de pecaquí de collar es mayor al reportado por el mismo autor (4.51).

Por otro lado, Polanco (2013) elaboró y caracterizó chistorra blanca reportando valores de a_w (0.95) y pH (5.94) y chistorra roja reportando valores de a_w (0.95) y pH (5.77), similares a los obtenidos en el presente trabajo respecto a la longaniza elaborada con carne de cerdo comercial y de pecarí de collar.

Tabla 2.6 Propiedades físico-químicas de longaniza de cerdo comercial y pecarí de collar

Propiedad	Cerdo comercial (promedio \pm D.E)	Pecarí de collar (promedio \pm D.E)
a_w	0.949 \pm 0.00	0.929 \pm 0
pH	5.875 \pm 0.10	5.45 \pm 0.17

D.E= desviación estándar

Análisis de volátiles

En la tabla 2.8 se muestra el análisis de compuestos volátiles del chorizo elaborado con carne de cerdo comercial y de pecarí de collar. Se identificaron en total 26 compuestos volátiles que fueron ordenados conforme su grupo químico y su índice de retención de menor a mayor.

Destacaron los compuestos del grupo químico de los terpenos (monoterpenos y sesquiterpenos) siendo los principales responsables del aroma en el chorizo, provenientes de los aceites, especias y condimentos como la pimienta, el orégano, ajo, comino, pimentón y clavo.

En el chorizo elaborado con carne de cerdo comercial, se encontraron como compuestos mayoritarios: sabineno, 2- β -pineno, limoneno, eugenol y cariofileno; mientras que en el chorizo elaborado con carne de pecarí de collar los compuestos: delta-3-careno, p-cimeno, 1,8-Cineole, γ -terpineno, Eugenol y Cariofileno.

El limoneno fue el compuesto que se encontró en mayor porcentaje en el chorizo elaborado con carne de cerdo comercial. Este compuesto no estuvo presente en el chorizo elaborado con carne de pecarí de collar.

Cabe señalar que, en ambas muestras de chorizo, se observó un alto porcentaje de Eugenol y Cariofileno, siendo mayor en el chorizo elaborado con carne de pecarí de collar; estos compuestos provienen de aceites esenciales y se encuentran en algunos ingredientes como el clavo y la canela.

Algunos compuestos fueron específicos del chorizo elaborado con carne de cerdo comercial tales como ácido acético, ácido butanoico, 3-metil, 1-butanol, α -pineno, sabineno, limoneno y 1,4-dimetoxi-benceno, mientras que otros fueron específicos del chorizo elaborado con carne de pecarí de collar tales como Ácido 3-metil-butanoico, Estireno, δ .3-careno, α -terpinoleno y β -elemeno. También se encontraron otros grupos químicos como ácidos, alcoholes, fenoles e hidrocarburos aromáticos.

En términos generales, se pudo apreciar que la mayor parte de compuestos volátiles identificados en el chorizo elaborado con carne de cerdo comercial son los mismos que los identificados en el chorizo elaborado con carne de pecarí de collar, derivados de los ingredientes; lo cual significa que el proceso de elaboración es estándar.

Tabla 2.7 Compuestos volátiles identificados en el chorizo

Compuesto	I.R.	% de área Chorizo de cerdo comercial	% de área Chorizo de pecarí de collar
<i>Ácidos</i>			
Ácido acético	637	0.03	-
Ácido butanoico	790	0.45	-
Ácido 3-metil-butanoico	835	-	1.68
<i>Alcoholes</i>			
3-metil, 1-butanol	726	1.84	-
<i>Hidrocarburos aromáticos</i>			
Estireno	889	-	1.00
<i>Terpenos</i>			
α -tujeno	930	3.83	1.16
α -pineno	939	3.06	-
Sabineno	975	9.23	-
2- β -pineno	978	7.81	1.79
β -mirceno	985	1.24	1.72
Delta-3-careno	1008	-	5.05
α -terpineno	1010	1.11	0.60
p-cimeno	1026	1.72	8.46
Limoneno	1029	34.08	-
1,8-Cineole	1031	2.17	5.28
γ -terpineno	1060	2.66	4.46
α -terpinoleno	1075	-	0.83
Linalool	1094	1.09	3.13
Terpinen-4-ol	1177	3.01	1.81
Cuminaldehído	1234	1.23	2.67
α -copaeno	1375	2.38	1.88
β -elemeno	1392	-	0.72
Cariofileno	1418	12.81	39.72
<i>Fenoles</i>			
2-metoxifenol	1086	0.64	1.38
1,4-dimetoxi-benceno	1186	0.35	-
Eugenol	1341	9.21	16.66

IR: Índice de Retención

En la tabla 2.8 se muestra el análisis de compuestos volátiles de la longaniza de cerdo comercial y de pecarí de collar, donde se identificaron en total 13 compuestos volátiles ordenados conforme su grupo químico e índice de retención de menor a mayor. Destacaron los compuestos del grupo químico de los terpenos (monoterpenos y sesquiterpenos), siendo los principales responsables de aromas en la longaniza, provenientes de los aceites, especias y condimentos como el achiote, pimienta, orégano comino, clavo en polvo y ajo. En ambas muestras de longaniza, se encontró en mayor presencia el Limoneno y el Eugenol, siendo el Limoneno mayor en la longaniza elaborada con carne de cerdo comercial y el Eugenol en la longaniza elaborada con carne de pecarí de collar. También se encontraron otros grupos químicos como fenoles e hidrocarburos aromáticos.

Tabla 2.8 Compuestos volátiles identificados en la longaniza

Compuesto	I.R.	% de área Longaniza de cerdo	% de área Longaniza de pecarí
<i>Hidrocarburos aromáticos</i>			
Tolueno	773	1.57	1.21
<i>Terpenos</i>			
p-cimeno	1026	0.71	0.23
Limoneno	1029	76.04	23.15
1,8-Cineole	1031	0.69	0.68
Linalool	1094	1.22	1.67
Terpinen-4-ol	1177	1.31	4.17
Timol	1290	1.16	1.66
α -copaeno	1375	2.74	3.49
β -elemeno	1392	0.24	0.20
α -humuleno	1426	0.83	1.62
β -bisaboleno	1509	-	1.63
δ -cadineno	1515	0.57	1.38
<i>Fenoles</i>			
Eugenol	1341	12.88	58.87

I.R: Índice de Retención

Agradecimientos

A la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Mérida

A CONACYT y DGEST por el apoyo económico brindado para poder concluir este trabajo.

Conclusiones

A diferencia de la carne de cerdo comercial, la carne y productos cárnicos de pecarí de collar tuvieron un menor porcentaje de grasas y un alto porcentaje de proteína lo que sugiere que es valiosa para la nutrición humana.

No se encontró una diferencia significativa entre los valores de a_w y pH de los productos cárnicos de cerdo comercial y pecarí de collar.

Los dos productos elaborados con carne de cerdo comercial y carne de pecarí de collar se caracterizaron por la presencia de terpenos (monoterpenos y sesquiterpenos) que son compuestos químicos contenidos en las especias, condimentos y aceites.

En ambas muestras de chorizo se encontró un alto porcentaje de Eugenol y Cariofileno, siendo mayor en la longaniza elaborada con carne de pecarí de collar.

Cabe señalar que algunos compuestos de la longaniza elaborada con carne de cerdo comercial y de pecarí de collar, tales como el α -humuleno, β -bisabuleno y δ -cadineno, no se encontraron en el chorizo elaborado con carne de cerdo comercial y de pecarí de collar. Esto puede atribuirse a que la longaniza se preparó con ingredientes diferentes, como es el caso del achiote y la pimienta negra.

La carne y sus productos de pecarí de collar son una alternativa para disponer de alimentos ricos en proteína y bajo contenido de grasas, con concomitante incremento del valor de la carne de esta especie poco estudiada.

Referencias

- A. O. A. C. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International, edited by Horwitz W. y Latimer, G. 18^a ed. Mariland, USA.
- Claus, C. A., M. A. Kai, y T. Satterfield. (2010). The roles of people in conservation. In Sodhi, N. S., y P. R. Ehrlich (eds.). Conservation Biology for All. Oxford University Press. EE.UU
- CONABIO. (2012). Proyecto de evaluación de las unidades de manejo para la conservación de vida silvestre (UMA) 1991-2008. Resultados de la Fase I: Gestión y administración. [En línea] Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/cites/publicaciones.html>
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). (2016). Apéndice I, II y III
- Delgado, D. C.; La O, O.; Chongo, B., (2007). Bromatological composition and *in situ* ruminal degradability of tropical legumes with perspectives of use in cattle productive systems. Cuban J. Agric. Sci., 41 (4): 323-326
- González, M. R.M., Montes, P. R. y Santos J.F. (2003). Characterization of the Units for the Conservation, Management and Sustainable use of Wildlife, In Yucatan Mexico. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 2: 13 – 21
- IUCN. (2012). 2003 IUCN Red List of Threatened Species. Version 3.1. www.redlist.org
- Leopold, A. S. 1965. Fauna silvestre de México. Inst. Mex. Rec. Nat. Ren., México, D. F., 608 pp

- Mandujano, S. y V. Rico-Gray. (1991). Hunting, use, and knowledge, of the biology of the white-tailed deer by the maya of central Yucatan, Mexico. *Journal of Ethnobiology* 11(2): 175-183
- Marmolejo, M. A. (2000). Fauna alimentaria de la península de Yucatán. Instituto Nacional Indigenista. Serie Medio Ambiente. México
- Mukul J. (2003). Algunas variables fisiológicas y cambios de peso en pecaríes de collar (*Pecari tajacu*) alimentados con dietas de maíz, ramón y calabaza. Tesis profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida
- Mukul, J.M., Martín A., Pérez J., (2007). Manejo y Conservación del Pecarí de collar (*Pecari tajacu*) en la UMA en el municipio de Xmatkuil, Yucatán. México.
- Navarro T., Rengifo M. E., Ayllon T. J., Layche, J. (2004). Fomento de la crianza y conservación del sajino (*Pecari tajacu*, linneus 1758) en la comunidad de Nina Rumi, río Nanay (Loreto Perú). p. 588-591
- NOM-033-SAG/ZOO-2014 (Norma Oficial Mexicana), 2014. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-033-sag-zoo-2014-metodos-para-dar-muerte-a-los-animales-domesticos-y-silvestres>
- Pino J., Sauri, E. y Marbot, R. (2004). Changes in volatile compounds of Habanero chile pepper (*Capsicum chinense* Jack. cv. Habanero) at two ripening stages. *Food Chemistry*.
- Rengifo M. E y Navarro D. (2002). Crianza familiar del sajino (*Pecari tajacu*) en la Amazonía, Centro piloto de zoocría para la Amazonía, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Perú, Impresiones CETA p. 54
- Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). (1997). Programa de conservación de la vida Silvestre y diversificación productiva en el sector rural 1997-2000. México.
- SERMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental- especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio.
- Sowls K. (1997). Javelines and other peccaries: Their Biology, management and use. Second edition. Texas A&M University Press. Tucson, Arizona. 325pp.

Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de extractos (CO₂ supercrítico y convencional) de harina de *Brosimum alicastrum*

Bioactive compounds and antioxidant activity from flour extracts (supercritical CO₂ and conventional) of *Brosimum alicastrum*

MOO-HUCHIN, Mariela Irene†*, COHUO-HUCHIN, María del Rosario y MOO-HUCHIN, Victor Manuel

Universidad Tecnológica del Poniente, Calle 29 Las Tres Cruces, C. P. 97800, Maxcanú, Mérida, Yucatán, México.

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Mérida, km 5 Mérida-Progreso, C.P. 97118, Mérida, Yucatán, México.

ID 1^{er} Autor: *Mariela Irene, Moo-Huchin* / **ORC ID:** 0000-0003-1805-7948

ID 1^{er} Coautor: *María del Rosario, Cohuo-Huchin*

ID 2^{do} Coautor: *Victor Manuel, Moo-Huchin* / **ORC ID:** 0000-0002-9365-8922

M. Moo, M. Cohuo y V. Moo

mariel_15204@hotmail.com

J. Olives (Dr.). Ciencias biológicas y químicas. Proceedings-©ECORFAN-Mexico, 2019.

Abstract

The ramon (*Brosimum alicastrum*), is a predominant tree in the Yucatan Peninsula and the fruit seed was used as a food source for the Mayan native population. Currently, the ramon seed has aroused the interest of many researchers for its antioxidants content; however, there isn't enough available information about it. The information on the characterization of the ramon flour would provide information on its functional value for the development of functional foods. To generate such information it is important to use an extraction method for the quantitative analysis of its interest compounds. Therefore, the objective of this work was to characterize the ramon flour extracts (CO₂ supercritical and conventional, E-SL) through its antioxidants compounds content and antioxidant activity. In this work, a two stages supercritical CO₂ sequential extraction method was used; a first extraction (E-CO₂) without co-solvent, followed by an extraction with co-solvent (E-CO₂-CO); prior the second extraction, the dynamic time of extraction and the effect of various proportions of aqueous ethanol (25%, 50%, 75%) and absolute ethanol on the total fenolic content was evaluated (CFT). The analyzed response variables for the E-CO₂-CO extract characterization were compared with the results obtained from the E-SL extract. In the first stage, a 30 minutes dynamic time was established to obtain an antioxidant extract that was characterized by HPLC (tocopherols, carotenoids, squalene, phytosterols). Fucosterol was identified as the major compound with 5,997.27 mg/100 g dry extract, followed by the stigmasterol with 561.45 mg/100 g dry extract. In the second stage, the use of absolute EtOH as a co-solvent improved the extraction yield of CFT (from 2 to 12 mg EAG/100 g of EAG flour/100 g flour, 25 % and absolute ethanol, respectively). The E-CO₂-CO crude extract showed a high content of total flavonoids (2.97± 0.12 g quercetin/100 g dry extract) and hydrolyzables tannins with 1.72 ± 0.17 g tannic acid/100 g dry extract. The supercritic CO₂ extract (E-CO₂-CO) showed high antioxidant activity measured with the ABTS⁺ assay (649.29±20.50 mM trolox/100 g dry extract). The obtained results are important to consider the ramon flour as an ingredient for the development of functional foods and aperitives.

Ramon flour, Bioactive compounds, Antioxidant activity

Introducción

En la actualidad existe un interés en la búsqueda de nuevas materias primas de origen vegetal o subproductos agroindustriales (cáscaras, semillas, granos y frutos) como fuente de compuestos o ingredientes bioactivos para ser usadas en el desarrollo de alimentos funcionales o como nutraceuticos tales como barritas, panes, aperitivos funcionales y extractos estandarizados en tabletas, cuyo consumo ha logrado demostrar una mejora de la salud humana (Montemurro, Pontonio, y Rizzello, 2019).

Las investigaciones actuales demuestran que la mejora y conservación de la salud, está asociado a la ingesta de nutrientes y sustancias no esenciales como los compuestos bioactivos, que son capaces de modular ciertas funciones en el organismo, reduciendo el riesgo de padecer enfermedades degenerativas conservando en buen estado la salud humana (El-akabawy y El-sheerif, 2019). Entre los compuestos más estudiados se encuentran los compuestos fenólicos; los cuales han demostrado ser potentes antioxidante naturales, capaces de eliminar o estabilizar radicales libres (principal causa para la generación de enfermedades crónico-degenerativas) (Zaidi et al., 2019). Estudios confirman que la función antioxidante de los compuestos fenólicos se lleva a cabo por diferentes mecanismos de acción como secuestradores de radicales libres, capacidad para la modulación de enzimas, quelación metálica, así como sus efectos sobre las vías de señalización celular y en la expresión de genes (Belščak-Cvitanović., et al 2018; Rodrigo, Miranda, y Vergara, 2011).

El *Brosimum alicastrum* o Ramón es un árbol predominante en la península de Yucatán, que desde tiempos ancestrales sus semillas fueron usadas como una alternativa al maíz para el consumo humano. En la actualidad son muy pocas las poblaciones nativas de Yucatán que lo utilizan como fuente de alimento; sin embargo, sólo existe información respecto al valor nutrimental de su harina, pero escasa información respecto al contenido de compuestos con propiedades útiles a la salud. Se ha informado que la semilla de ramón contienen vitaminas, minerales, proteínas, etc. (Carter, 2015). En un estudio se ha informado que las semillas tostadas de Ramón adquiridos al Maya Nut Institute contienen ácidos fenólicos que en alimentos funcionales ha demostrado tener efectos deseables, reduciendo el riesgo de padecer enfermedades degenerativas (Ozer, 2016).

Por su parte, Moo-Huchin et al. (2019) también reportaron que las semillas de Ramón muestran mayor contenido de ácido clorogénico y que fue capaz de retardar la oxidación de lípidos de carne de cerdo. Sin embargo, la información disponible no es suficiente para dar por hecho el conocimiento de su composición bioactiva.

Disponer de un método de extracción es importante para el aislamiento e identificación de compuestos fenólicos. Aunque las técnicas convencionales han sido muy utilizadas por su eficiencia, facilidad de preparación de extractos y una amplia aplicación; dichas técnicas implican el uso de disolventes como alcoholes, acetona, éter di-etílico y acetato de etilo que resultan ser tóxicos para el consumo; además de que los tiempos de extracción suelen ser muy prolongados con la posibilidad de perder compuestos de interés, durante la extracción (Prado et al., 2015). Por otra parte, cuando se utilizan técnicas no convencionales es posible obtener otros metabolitos de interés con posibles aplicaciones en varias áreas, tal es el caso del uso de la extracción con CO₂ supercrítico. La extracción con fluido CO₂ supercrítico proporciona características atractivas que superan muchas de las limitaciones de las extracciones convencionales (Azmir et al., 2013), siendo un método que permite recuperar extractos de mayor pureza, es selectivo a ciertos compuestos, permite el uso de solventes generalmente reconocidos como seguros (GRAS, por sus siglas en inglés) y bajo costo relativo a la producción de metabolitos (Cadena-carrera et al., 2019). Por estas razones, la presente investigación tiene como objetivo caracterizar los extractos de la harina de ramón obtenidos por extracción con CO₂ supercrítico y extracción sólido-líquido mediante el contenido de compuestos fenólicos, fitoesteroles, escualeno, carotenoides y tocoferoles.

Metodología a desarrollar

Obtención de la harina

Las semillas del árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) se recolectaron en la región de Calkiní, Campeche en septiembre de 2018. Las semillas fueron seleccionadas considerando que fueran libres de daño mecánico y con un tamaño homogéneo; las cuales fueron acondicionadas, retirando la testa y secadas a 70 °C durante 72 h hasta obtener el 10% de humedad. Al finalizar el tiempo de secado, las semillas fueron trituradas y molidas hasta obtener el polvo. El polvo que se obtuvo se pasó por un tamiz de malla No. 100 (0.149 mm), hasta obtener la harina que fue almacenada a 4°C en bolsas de polietileno.

Preparación y obtención de los extractos de harina

Los extractos de harina fueron obtenidos a partir de dos métodos de extracción: CO₂ supercrítico y extracción sólido-líquido. En este trabajo se realizó una extracción CO₂ supercrítico secuencial de dos etapas a modo estática-dinámica para extraer selectivamente los principales compuestos bioactivos de la harina de ramón. Se realizó una primera extracción con solo CO₂ supercrítico sin co-solvente; mientras que la segunda extracción consistió en exponer la harina resultante de la primera extracción a una nueva extracción con CO₂ supercrítico usando etanol absoluto como co-solvente.

Procedimientos de extracción

Extracción sólido-líquido

La extracción se llevó a cabo de acuerdo con el procedimiento descrito por Camaal-Chuc et al. (2018), utilizando etanol acuoso y agitación mecánica. Todas las extracciones fueron realizadas por triplicado.

El rendimiento de extracción (%) para extractos obtenidos por ambos métodos, fue determinado por la ecuación presentada a continuación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{masa del extracto seco (g)}}{\text{masa de la muestra (g)}} \times 100 \quad (1)$$

Extracción secuencial con CO₂ supercrítico

La extracción con CO₂ supercrítico se realizó usando un equipo de extracción modelo SFT-150 SFE/SFR System, con una celda de extracción de 0.1 l, separador de CO₂ y colector de extracto, tanque de aire y CO₂, bombas, medidor de flujo. Los principales procedimientos de extracción fueron: cargar la cámara de extracción con la harina de ramón, cambiar las condiciones de CO₂ en el tanque a condiciones supercríticas (esto se logra por un enfriamiento, aumentando la presión y finalmente aumentando la temperatura). Se permitió que el CO₂ en las condiciones supercríticas elegidas entre a la cámara de extracción para la extracción estática o remojo, luego se deja el paso del CO₂ supercrítico a través de la muestra para la extracción dinámica. El CO₂ que contiene el extracto se dirige a la primera cámara de separación, en donde el gas se expande a presión atmosférica y se obtiene el extracto.

El procedimiento de extracción se llevó a cabo en dos etapas, la primera etapa se realizó con el propósito de recuperar y caracterizar el extracto crudo lipofílico de la harina dejando expuestas los solutos de mayor polaridad a una segunda extracción usando CO₂ supercrítico con co-solvente en el sistema. En base a esta extracción, se realizó un estudio cinético, con la finalidad de determinar el tiempo de extracción dinámica para realizar la segunda etapa. Las condiciones utilizadas en la extracción CO₂ supercrítico (E-CO₂) son las descritas por Martínez-Correa et al., (2012a y 2017b) y Uribe et al., (2011), con algunas modificaciones. 50 g de harina fina se sometió a una extracción estática a 60 °C, 40 MPa por 30 min. Posteriormente, se hizo pasar el flujo de CO₂ (1.8 g/min) a través de la muestra durante 60 min (extracción dinámica). Los extractos fueron recuperados en un vial ámbar por despresurización del sistema y fueron pesados para calcular el rendimiento de extracción. Los extractos secos obtenidos se reconstituyeron en EtOH/agua (1:1 v/v) y almacenados en congelación -20°C, hasta su uso.

En un trabajo realizado por Monroy et al. (2016), mencionan que el uso de co-solvente en el sistema de extracción supercrítica es capaz de modificar la polaridad del CO₂, mejorando el poder de solvatación e incrementando el rendimiento de extracción de compuestos. Por lo que convierte al método, una alternativa para la extracción de compuestos de polaridad media a alta como los compuestos fenólicos y flavonoides. Por lo tanto, en este trabajo se sugirió una segunda extracción con CO₂ supercrítico usando co-solvente (E-CO₂-Co).

En la segunda etapa de extracción (E-CO₂-Co), se realizó un experimento preliminar usando varias concentraciones de etanol/agua y etanol absoluto, para evaluar su efecto, con la finalidad de determinar la concentración de etanol que permita obtener mayor rendimiento de compuestos fenólicos. La extracción se llevó a cabo con la harina resultante (20 g) de la primera extracción, lo cual se mezcló con 20 ml de solvente (EtOH al 25, 50, 75 y 100 %), seguido de la extracción CO₂ supercrítica previamente descrita en esta sección, utilizando una temperatura de 40°C, presión 20MPa, extracción estática de 30 min y la extracción dinámica por 30 min. Cada extracción se realizó por triplicado.

El extracto seco obtenido se reconstituyó con 4 ml etanol/agua (1:1, v/v) y fue analizado por su contenido de compuestos fenólicos totales utilizando una reacción colorimétrica con Folin-Ciocalteu descrita por Moo-Huchin et al., (2014). Con base a los resultados, en este trabajo se determinó la concentración de co-solvente que obtuvo mayor contenido de compuestos fenólicos totales. Tras la determinación de la concentración del co-solvente, se realizaron otras extracciones (CO₂ supercrítico + co-solvente) y se prepararon los extractos para su caracterización.

Caracterización del extracto por métodos analíticos y bioactividad.

Los extractos E-CO₂ obtenidos en la primera etapa fueron caracterizados a través del contenido de carotenoides (α -carotenos, luteína), tocoferoles (α -tocóferoles, γ -tocóferol), fitosteroles (estigmasterol, fúcoesterol) y escualeno siguiendo las metodologías descritas por Can-Cauich et al. (2019).

Mientras que los extractos obtenidos en la extracción sólido-líquido (E-SL) y en la segunda etapa de extracción supercrítica (E-CO₂-Co) se caracterizaron y compararon por su contenido de compuestos fenólicos totales, flavonoides totales, taninos condensados, taninos hidrolizables y la actividad antioxidante de acuerdo a la metodología reportado por Moo-Huchin et al. (2014).

Análisis estadístico

Se realizaron tres extracciones por tratamiento y las mediciones fueron realizadas por triplicado para cada repetición. Los resultados se reportaron como promedio \pm desviación estándar (DE). Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA) mediante el software estadístico Statgraphics Plus versión 2.1 (Manugistic, Inc., Rockville, MD, USA) y se realizó la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, en donde las diferencias con $p < 0.05$ se consideraron significativas.

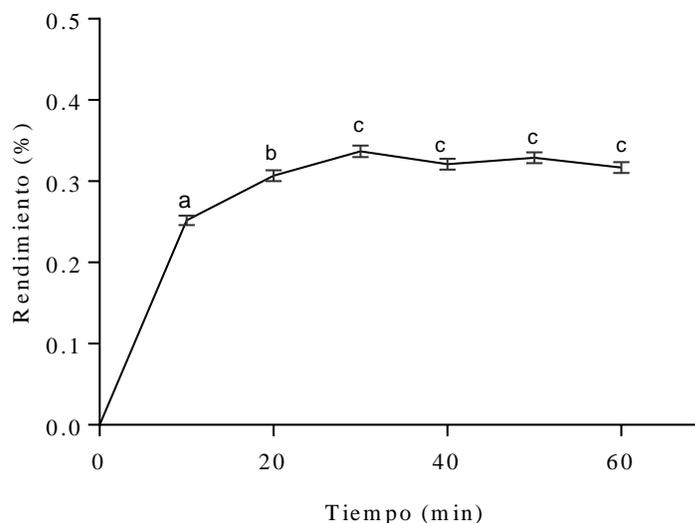
Resultados

Primera etapa: cinética de extracción supercrítica (E-CO₂)

Para la obtención de extractos ricos en compuestos activos a tiempos cortos en un sistema de extracción CO₂ supercrítico sin tener un gasto excesivo de CO₂ que comprometa la viabilidad económica, se ha sugerido realizar un estudio cinético, como una primera etapa para determinar el tiempo de extracción dinámico, lo cual corresponde a un tiempo en la que se permite el paso de flujo constante del CO₂ supercrítico a través de la muestra expuesta en una celda de extracción hasta la extracción completa (Uribe et al., 2011). Entonces, en este trabajo se justifica la necesidad de determinar el tiempo de extracción dinámica con CO₂ supercrítico, considerando como criterio el rendimiento de extracción máxima acumulado.

La figura 3.1 muestra el comportamiento de los valores de rendimiento de extracto crudo acumulado de harina en un intervalo de tiempo de extracción con CO₂ supercrítico de 0 a 60 min.

Figura 3.1 Comportamiento de los valores de rendimiento de extracción acumulado de harina en función del tiempo de extracción dinámica CO₂ supercrítico a 60° C y 40 MPa. Letras diferentes en cada intervalo de tiempo indican valores significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)



Por otra parte, se ha mencionado por algunos autores que la curva general de extracción CO₂ supercrítico es caracterizada por tres períodos basados en la transferencia de masa: a) extracción de solutos que se encuentran en la superficie de la matriz vegetal (extracción lineal o constante, EL); b) agotamiento parcial de los solutos en la superficie (extracción descendiente, ED) y finalmente, c) extracción completa de algún metabolito extraíble (controlada por difusión, EC) ó por que el sistema ha llegado a la capacidad máxima de extracción (CME) (López-Padilla, Ruiz-Rodriguez, Reglero, y Fornari, 2017; Rocha-Uribe et al., 2019; Sovová, Nobre, y Palavra, 2016). Considerando lo anterior y de acuerdo con los datos obtenidos en este trabajo, se observó que durante los primeros 10 min, el rendimiento acumulado de extracción incrementa de forma lineal respecto al tiempo (EL); mientras que la región ED se mostró entre 10 y 30 min de extracción. Tras 30 min de extracción, el rendimiento acumulado se mantuvo sin cambios significativos hasta 60 min (EC ó CME). Acorde a los valores de rendimiento acumulado, la mayor recuperación de extraíbles (0.35%) resultó a 30 min; lo cual fue definido como el tiempo de extracción dinámica.

El valor de rendimiento alcanzado en este trabajo es comparable a lo reportado por Santos et al. (2017) en extractos de raíz de *Rumex Acetosa L.* (de 0.2 a 8.3%) y Lúcia et al. (2019) quienes obtuvieron un rendimiento que varió de 0.73% (15 MPa, 60°C con 2 ml/ min) a 1.73% (20 MPa, 40°C, 4 ml/ min) en extracto de hojas de *Eugenia involucrata*. Este trabajo confirma la idea de la necesidad de determinar el tiempo de extracción dinámico con CO₂ supercrítico previo a utilizar un método estandarizado para la obtención y caracterización de extractos de matrices vegetales.

Caracterización del extracto por su contenido de carotenoides, tocoferoles, fitoesteroles y escualeno por HPLC

Las semillas y nueces son bien conocidas por sus propiedades farmacológicas para la conservación de la salud humana debido a la presencia de compuestos bioactivos minoritarios con características liposolubles, como fitoesteroles, tocoferoles y carotenoides. Conjuntamente, estos compuestos han demostrado ser potentes antioxidantes, que juegan un papel importante en la prevención de enfermedades causadas por el estrés oxidativo y/o como aditivos en los alimentos retrasando la oxidación lipídica (Can-Cauich et al., 2019). Por ello, dentro de la primera etapa de este estudio de investigación se llevó a cabo la recuperación y caracterización del extracto crudo lipofílico de harina de ramón obtenido con CO₂ supercrítico sin co-solvente, con el propósito de separar esta fracción y dejar expuestas a los más polares para una segunda extracción usando un modificador en el sistema de extracción. El extracto de la harina obtenido se caracterizó por su contenido de carotenoides, tocoferoles, fitoesteroles y escualeno (Tabla 3.1).

Los compuestos predominantes en el extracto crudo de Ramón fueron esteroides, principalmente el fucosterol con 5,997.27 mg/100 g extracto seco y estigmasterol con 561.45 mg/100 g extracto seco, seguido por los carotenoides y escualeno. De acuerdo a algunos trabajos publicados para extractos de nueces y semillas, la presencia de fucosterol es muy poco o escasamente reportado, debido a que los principales esteroides que se han reportado en variedades de nueces, pistachos, girasol, almendra y semillas de calabaza son β -sitosterol y estigmasterol, incluso a concentraciones más bajas a los reportados en este trabajo (Vu et al., 2019; Wang et al., 2019). Mientras que Can-Cauich et al. (2019) lo reporta en aceites de semillas de calabaza y Wong et al. (2018) en algas marinas, haciendo énfasis como fuente principal de fucosterol. Las organizaciones reguladoras como la Autoridad Europea para la Seguridad de los alimentos (EFSA) y Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA), recomiendan incorporar a la dieta la ingesta de fitoesteroles, debido a algunos estudios que se han dado a conocer sobre los efectos favorables en la disminución de la absorción de lipoproteínas de baja densidad (LDL) en el intestino, causando un descenso en la concentración de colesterol en la sangre; previniendo riesgo de enfermedades cardiovasculares (Bot et al., 2018). Por lo tanto, los resultados mostrados son importantes para considerar la harina de ramón como ingrediente bioactivo para el desarrollo de alimentos funcionales o en su caso incorporarlos a alimentos específicos.

Tabla 3.1 Contenido de carotenoides, tocoferoles, fitoesteroles y escualeno de extractos de harina *Brosimum alicastrum* obtenido por E-CO₂

Composición	Contenido (mg/100 g extracto seco)
Compuestos Fenólicos Totales	1.30±0.05
Luteína	45.34 ± 0.33
β -caroteno	68.24 ± 0.93
α -tocoferol	34.64 ± 2.34
γ -tocoferol	29.12 ± 0.47
Estigmasterol	561.45 ± 60.08
Fucosterol	5,997.27 ± 120.49
Escualeno	53.32 ± 0.92

Los valores presentados son medias \pm desviación estándar (n=3)

Segunda etapa: Estudio preliminar del efecto del etanol como co-solvente en la extracción con CO₂ supercrítico (E-CO₂-Co)

Una de las limitaciones que presenta el sistema CO₂ supercrítico es la poca selectividad ante los compuestos orgánicos de mediana o alta polaridad. Por ello, se han buscado estrategias usando modificadores o co-solventes dentro del proceso para mejorar la eficiencia de extracción y la selectividad para compuestos bioactivos de matrices vegetales (Jiao y Kermanshahi, 2018).

En este trabajo, se realizaron pruebas de extracción preliminares con el objetivo de determinar la concentración de co-solvente para la recuperación máxima de compuestos fenólicos totales presentes en la harina.

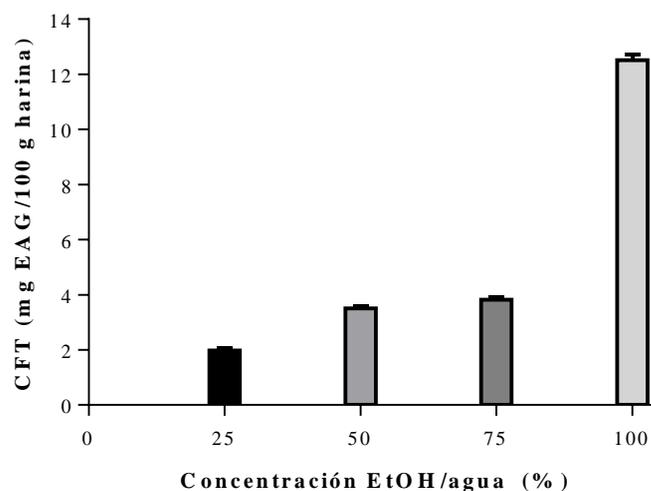
La figura 3.2 muestra el efecto de varias concentraciones de EtOH-agua y etanol absoluto en la extracción de polifenoles de la muestra de harina de *B. alicastrum*. A diferencia de las mezclas etanol en agua, el etanol absoluto exhibió la mayor cantidad de compuestos fenólicos totales de la harina de ramón que varió de 2 hasta 12 mg EAG/100 g de harina. De acuerdo a algunos autores los grupos -OH del etanol en estado supercrítico son capaces de formar enlaces de hidrógeno con los solutos, aumentando la solubilidad y la recuperación de los compuestos fenólicos del medio extractor (Lu, Boughner, Liotta, y Eckert, 2002; Valle, Robert, y Fuente, 2018).

Estos resultados concuerdan con los reportados por Alves (2018), quién demostró que el uso de diferentes modificadores en el sistema supercrítico, el etanol fue capaz de mejorar el rendimiento de extracción de compuestos fenólicos en semillas de chía (*Salvia Hispanica L.*). Cadena-Carrera et al. (2019) también reporta un efecto favorable y significativo del EtOH en la extracción de compuestos fenólicos en hojas de guayusa (*Ilex guayusa Loes*).

Por otra parte, Reder et al. (2018) en su trabajo describe que el etanol puede causar un hinchamiento de las partículas mejorando la solubilidad y difusión de los compuestos fenólicos. Estos resultados concuerdan con los trabajos reportados por Pimentel-Moral et al.(2018) y Reder et al. (2018), donde obtuvieron mayor contenido de compuestos fenólicos cuando se usó etanol como co-solvente.

El uso de EtOH, como co-solvente no solo se ha limitado a la extracción de compuestos polares (Bitencourt et al., 2018), también se ha usado para la recuperación de compuestos lipofílicos y otros compuestos bioactivos, como reportan (Valle et al., 2018; Xie, Cahoon, Zhang, y Ciftci, 2019). En el presente trabajo de investigación se demuestra que el uso de co-solvente (EtOH) en un sistema de CO₂ supercrítico como un factor importante que favorece el incremento de la polaridad del CO₂, mejorando significativamente el rendimiento y la selectividad de compuestos fenólicos de los extractos de la harina de *B. alicastrum*.

Figura 3.2 Efecto del etanol en el Contenido de Compuestos Fenólicos Totales (CFT) en la extracción con CO₂ supercrítico (E-CO₂-Co), a 40°C y 20MPa



Caracterización del extracto por su contenido de compuestos fenólicos, flavonoides y su actividad antioxidante

En la tabla 3.2 se muestra la comparación del contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de los extractos de Ramón obtenidos por (E-CO₂-Co) y extracción sólido-líquido (E-SL). El rendimiento de extracción obtenido por E-CO₂-Co fue de 0.69 % (p/p, respecto a la muestra seca); mientras que la E-SL resultó en un rendimiento de extracción promedio de 18 % (p/p, respecto a la muestra seca).

El valor del rendimiento alcanzado en la extracción E-CO₂-Co fue mayor al reportado por Radojkovi et al., (2016); cuyos valores van de 0.30 % (20 MPa, 60 min) hasta 0.65 % (40MPa, 90 min) para extractos de hojas de *Morus*. Este valor de rendimiento también fue superior a lo alcanzado en la extracción CO₂ supercrítico sin co-solvente (primera etapa). Estos resultados indican que la mayoría de los compuestos bioactivos presentes en la harina de ramón son compuestos que tienen carácter de mediana hasta alta polaridad, demostrando que el uso de etanol en un sistema supercrítico mejora la recuperación de estos compuestos.

De acuerdo con los resultados, el contenido de compuestos fenólicos totales del extracto alcohólico obtenido por extracción sólido-líquido fue superior al extraído por CO₂ supercrítico (7.19 ± 0.06 y 2.45 ± 0.15 g EAG/ 100 g extracto seco, respectivamente). Los valores del contenido de compuestos fenólicos totales del extracto E-CO₂-Co reportados en este trabajo resultaron ser más altos a lo encontrado por Goyeneche et al., (2018) y Reder et al., (2018) para extractos de hojas de rábano y hojas de *Arctium Lappa* (conocida como bardana en Brasil) obtenidas por CO₂ supercrítico.

En otro resultado, el contenido de taninos condensados de los extractos fue similar entre ambos métodos de extracción. Cuando se utilizó la extracción E-CO₂-Co, el extracto recuperado resultó con mayor contenido de flavonoides totales y taninos hidrolizables con valores de 2.97 ± 0.12 g QE/100 g extracto seco y 1.72 ± 0.17 g ácido tánico/100 g extracto seco, respectivamente. El valor del contenido de flavonoides totales reportado en este trabajo resultó superior a lo encontrado por Goyeneche et al., (2018) para hojas de rábano.

El efecto positivo en la extracción CO₂ supercrítica con EtOH, se debió a la capacidad en conjunto que presenta el co-solvente y las condiciones del sistema de extracción. Es probable que bajo las condiciones del sistema de extracción CO₂ supercrítica con co-solvente utilizado, existe una interrupción de las interacciones electrostáticas y de van der Waals entre los compuestos no extraíbles (flavonoides) y las cadenas de los polisacáridos (fibra dietética) o proteínas (Palafox-Carlos et al., 2011); lo que permite una mayor recuperación de taninos y flavonoides.

Generalmente, el contenido de compuestos fenólicos está relacionado con la actividad antioxidante de los extractos, en este trabajo la actividad de los compuestos se evaluó utilizando tres ensayos (ABTS, DPPH y poder reductor) que se consideran simples y con alta reproducibilidad. Respecto al ensayo ABTS⁺, la actividad antioxidante del extracto de harina obtenido por E-CO₂-Co presentó el valor más alto de 649.29 ± 20.50 mM Trolox/100 g extracto seco, respecto al E-SL (471.83 ± 3.20 mM ETrolox/100 g extracto seco).

El valor reportado para E-CO₂-Co es mayor a lo reportado por Mazzutti et al., (2019) para extracto de hojas de *Sida Rhombifolia* (360 ± 0.01 mM MET/100g extracto). Como se puede observar en la tabla 2, el extracto E-CO₂-Co obtuvo menor contenido de CFT, pero mayor contenido de flavonoides totales y taninos hidrolizables; lo cual probablemente éstos últimos contribuyen en la mayor actividad antioxidante para E-CO₂-Co.

Además, es posible que la mayor actividad antioxidante se deba a que los extractos E-CO₂-Co presentan un grado de pureza mayor al extracto E-SL y la existencia de un posible sinergismo entre los compuestos.

En cuanto al ensayo DPPH y poder reductor, la actividad antioxidante más alta se obtuvo en los extractos E-SL con 83.28 ± 3.63 mM Trolox/100 g extracto seco y 86.82 ± 1.95 mg ácido ascórbico/100 g ES, respectivamente cuando se compara con E-CO₂-Co. La mayor actividad antioxidante DPPH para E-SL puede atribuirse al contenido de compuestos fenólicos y posiblemente a otros compuestos que fueron extraídos (proteínas, péptidos, ácidos orgánicos, etc), como reportan (Mazzutti et al., 2019; Sanjaya et al., 2014).

Tabla 3.2 Contenido de compuestos fenólicos totales, flavonoides totales, taninos condensados e hidrolizables y actividad antioxidante de extractos *Brosimum alicastrum* obtenidos por E-CO₂-Co y E-SL

Compuestos fenólicos	Métodos de extracción	
	E-CO ₂ -Co	E-SL
Compuestos fenólicos totales (g ácido gálico/100g ES)	2.45± 0.15a	7.19± 0.06b
Flavonoides totales (g Quercetina/100 g ES)	2.97± 0.12b	2.01 ± 0.04a
Taninos condensados (g Catequina/100 g ES)	0.45 ± 0.04a	0.49 ± 0.00a
Taninos hidrolizables (g Ácido tánico/100g ES)	1.72 ± 0.17b	0.82 ± 0.08a
Actividad antioxidante		
ABTS ⁺ (mM Trolox/100g ES)	649.29±20.50b	471.83±3.20a
DPPH (mM Trolox/100g ES)	58.31±0.34a	83.28±3.63b
Poder reductor (mg ácido ascórbico/100 g ES)	11.68±0.68a	86.82±1.95b

ES: extracto seco. Los valores presentados son medias ± desviación estándar (n=3). Letras diferentes presentaron diferencias estadísticamente significativas (p> 0.05)

Conclusiones

El tiempo dinámico de 30 min permitió obtener la mayor cantidad de extraíbles en el sistema de extracción CO₂ supercrítico de la harina de Ramón.

El extracto de harina obtenido mediante la extracción con CO₂ supercrítico se caracterizó por su contenido de β-caroteno, luteína, α y γ-tocoferol, fucosterol, estigmasterol y escualeno. La mayoría de estos compuestos cuantificados no han sido reportados en la harina de *Brosimum alicastrum*.

A medida que aumenta el contenido de etanol como co-solvente en la extracción CO₂ supercrítico también incrementó el contenido de compuestos fenólicos totales de la harina. Por tanto, en este trabajo se sugiere el uso de etanol absoluto como co-solvente.

Cuando se comparan ambos extractos (E-CO₂-CO y E-SL), el extracto de harina obtenido con CO₂ supercrítico con co-solvente resultó con mayor contenido de flavonoides totales, taninos hidrolizables y actividad antioxidante ABTS.

En este trabajo se confirma que la cuantificación de compuestos antioxidantes de la harina es dependiente del método de extracción a utilizar. Además, el utilizar métodos distintos favorece un análisis más detallado de la composición de la harina de ramón, un producto vegetal poco caracterizado. Este hallazgo, ha permitido tener un mayor conocimiento de la composición bioactiva de la harina de semilla de *Brosimum alicastrum*, útil para promover su uso como ingrediente bioactivo para la formulación y desarrollo de alimentos y aperitivos funcionales.

Referencia

- Alves, P. B. (2018). PT Graphical abstract SC. *The Journal of Supercritical Fluids*. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.11.006>
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 426–436. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>
- Belščak-Cvitanović, A., Durgo, K., Huđek, A., Bačun-Družina, V., & Komes, D. (2018). Overview of polyphenols and their properties. *Polyphenols: Properties, Recovery, and Applications*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813572-3.00001-4>
- Bot, A., Unilever, R., & Vlaardingen, D. (2018). Phytosterols, 17–20. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21626-0>
- Caamal-Chuc, N. S. (2018). Evaluación del contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de extractos de semillas de *Brosimum alicastrum* usando la metodología de superficie de respuesta. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Mérida. Mérida, Yucatán.

- Cadena-carrera, S., Parolo, D., Bella, A., Cé, R., Cruz, B., Miguel, J., & Hense, H. (2019). The Journal of Supercritical Fluids Biological activity of extracts from guayusa leaves (*Ilex guayusa* Loes .) obtained by supercritical CO₂ and ethanol as cosolvent, 152. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104543>
- Can-cauich, C. A., Sauri-duch, E., Moo-huchin, V. M., & Cuevas-glory, L. F. (2019). Effect of extraction method and specie on the content of bioactive compounds and antioxidant activity of pumpkin oil from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.153>
- Carter, C. T. (2015). Chemical and Functional Properties of Brosimum Alicastrum Seed Powder (Maya Nut , Ramón Nut), 165.
- El-akabawy, G., & El-sherif, N. M. (2019). Biomedicine & Pharmacotherapy Zeaxanthin exerts protective effects on acetic acid-induced colitis in rats via modulation of pro-inflammatory cytokines and oxidative stress. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 111(January), 841–851. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.01.001>
- Goyeneche, R., Fanovich, A., Rodriguez Rodrigues, C., Nicolao, M. C., & Di Scala, K. (2018). Supercritical CO₂ extraction of bioactive compounds from radish leaves: Yield, antioxidant capacity and cytotoxicity. *Journal of Supercritical Fluids*, 135, 78–83. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.01.004>
- Jiao, G., & Kermanshahi, A. (2018). SC. *LWT - Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.042>
- López-Padilla, A., Ruiz-Rodriguez, A., Reglero, G., & Fornari, T. (2017). Supercritical carbon dioxide extraction of *Calendula officinalis*: Kinetic modeling and scaling up study. *Journal of Supercritical Fluids*, 130(March), 292–300. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.03.033>
- Lu, J., Boughner, E. C., Liotta, C. L., & Eckert, C. A. (2002). Nearcritical and supercritical ethanol as a benign solvent: Polarity and hydrogen-bonding. *Fluid Phase Equilibria*, 198(1), 37–49. [https://doi.org/10.1016/S0378-3812\(01\)00754-3](https://doi.org/10.1016/S0378-3812(01)00754-3)
- Lúcia, I., Barzotto, M., Andressa, K., Antônio, E., Sene, A. C., Newton, S., & Vieira, L. (2019). The Journal of Supercritical Fluids Supercritical extraction of *Eugenia involucrata* leaves: Influence of operating conditions on yield and α -tocopherol content. *The Journal of Supercritical Fluids*, 143(June 2018), 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.08.003>
- Martinez-Correa, H. A., Cabral, F. A., Magalhães, P. M., Queiroga, C. L., Godoy, A. T., Sánchez-Camargo, A. P., & Paviani, L. C. (2012). Extracts from the leaves of *Baccharis dracunculifolia* obtained by a combination of extraction processes with supercritical CO₂, ethanol and water. *Journal of Supercritical Fluids*, 63, 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2011.12.016>
- Martinez-Correa, H. A., Paula, J. T., Kayano, A. C. A. V., Queiroga, C. L., Magalhães, P. M., Costa, F. T. M., & Cabral, F. A. (2017). Composition and antimalarial activity of extracts of *Curcuma longa* L. obtained by a combination of extraction processes using supercritical CO₂, ethanol and water as solvents. *Journal of Supercritical Fluids*, 119, 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.08.017>
- Mazzutti, S., Maria, C., Oliveira, M., Regina, S., & Ferreira, S. (2019). PT SC. *The Journal of Supercritical Fluids*. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.03.013>
- Monroy, Y. M., Rodrigues, R. A. F., Sartoratto, A., & Cabral, F. A. (2016). the supercritical carbon dioxide in the extraction of phenolics. *The Journal of Supercritical Fluids*. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.07.019>
- Montemurro, M., Pontonio, E., & Rizzello, C. G. (2019). *Quinoa Flour as an Ingredient to Enhance the Nutritional and Functional Features of Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention* (2nd ed.). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814639-2.00036-8>

- Moo-Huchin, Víctor M., Estrada-Mota, I., Estrada-León, R., Cuevas-Glory, L., Ortiz-Vázquez, E., De Lourdes Vargas Y Vargas, M., Sauri-Duch, E. (2014). Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry*, *152*, 508–515. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.013>
- Ozer, H. K. (2016). ce pt us cr t, *2912*(November). <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1252389>
- Palafox-Carlos H., J.F. Ayala-Zavala y G.A. González-Aguilar. 2011. The role of dietary fiber in the bioaccessibility and bioavailability of fruit and vegetable antioxidants. *Journal of Food Science*. *76*(1):R6-R15.
- Pimentel-moral, S., Borrás-linares, I., & Lozano-sánchez, J. (2018). Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis Microwave-assisted extraction for Hibiscus sabdariffa bioactive compounds. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *156*, 313–322. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2018.04.050>
- Prado, J. M., Vardanega, R., Debien, I. C. N., Angela, M., Meireles, D. A., Gerschenson, L. N., Chemat, S. (2015). *Conventional extraction. Food Waste Recovery*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800351-0/00006-7>
- Radojkovi, M., Zekovi, Z., Vidovi, S., Mandi, A., Mi, A., Radojkovi, M., & Zekovi, Z. (2016). *Accepted Manuscript*. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.05.004>
- Reder, A., Souza, C. De, Guedes, A. R., Manoel, J., Rodriguez, F., Bombardelli, M. C. M., & Corazza, M. L. (2018). The Journal of Supercritical Fluids Extraction of Arctium Lappa leaves using supercritical CO₂ + ethanol: Kinetics, chemical composition, and bioactivity assessments. *The Journal of Supercritical Fluids*, *140*(April), 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.06.011>
- Rodrigo, R., Miranda, A., & Vergara, L. (2011). Modulation of endogenous antioxidant system by wine polyphenols in human disease. *Clinica Chimica Acta*, *412*(5–6), 410–424. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2010.11.034>
- Sanjaya, R. E., Tedjo, Y. Y., Kurniawan, A., Ju, Y., Ayucitra, A., & Ismadji, S. (2014). Investigation on supercritical CO₂ extraction of phenolic- phytochemicals from an epiphytic plant tuber (*Myrmecodia pendans*). *Biochemical Pharmacology*, *6*, 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2014.03.001>
- Santos, Ê. R. M., Oliveira, H. N. M., Oliveira, E. J., Azevedo, S. H. G., Jesus, A. A., Medeiros, A. M., ... Sousa, E. M. B. D. (2017). The Journal of Supercritical Fluids Supercritical fluid extraction of *Rumex Acetosa* L. roots: Yield, composition, kinetics, bioactive evaluation and comparison with conventional techniques. *The Journal of Supercritical Fluids*, *122*, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.11.019>
- Soto-Armenta, L. C., Sacramento-Rivero, J. C., Ruiz-Mercado, C. A., Lope-Navarrete, M. C., & Rocha-Urbe, J. A. (2019). Extraction yield and kinetic study of *Lippia graveolens* with supercritical CO₂. *Journal of Supercritical Fluids*, 205–210. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.12.018>
- Sovová, H., Nobre, B. P., & Palavra, A. (2016). Modeling of the kinetics of supercritical fluid extraction of lipids from microalgae with emphasis on extract desorption. *Materials*, *9*(6). <https://doi.org/10.3390/ma9060423>
- Uribe, J. A. R., Perez, J. I. N., Kauil, H. C., Rubio, G. R., & Alcocer, C. G. (2011). Extraction of oil from chia seeds with supercritical CO₂. *Journal of Supercritical Fluids*, *56*(2), 174–178. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2010.12.007>
- Valle, M., Robert, P. S., & Fuente, J. C. De. (2018). Cosolvent effect of ethanol on the solubility of lutein in supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.08.012>

Vu, D. C., Lei, Z., Sumner, L. W., Coggeshall, M. V., & Lin, C. (2019). Journal of Food Composition and Analysis Identification and quantification of phytosterols in black walnut kernels, 75(April 2018), 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.09.016>

Wang, Mengmeng, Zhang, L., Wu, X., Zhao, Y., Wu, L., & Lu, B. (2019). LWT - Food Science and Technology Quantitative determination of free and esterified phytosterol profile in nuts and seeds commonly consumed in China by SPE / GC – MS. *LWT - Food Science and Technology*, 100(August 2018), 355–361. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.077>

Wong, C. H., Gan, S. Y., Tan, S. C., Gany, S. A., Ying, T., Gray, A. I., Phang, S. M. (2018). Fucosterol inhibits the cholinesterase activities and reduces the release of pro-inflammatory mediators in lipopolysaccharide and amyloid-induced microglial cells.

Xie, L., Cahoon, E., Zhang, Y., & Ciftci, O. N. (2019). The Journal of Supercritical Fluids Extraction of astaxanthin from engineered *Camelina sativa* seed using ethanol-modified supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*, 143(August 2018), 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.08.013>

Zaidi, H., Ouchemoukh, S., Amessis-Ouchemoukh, N., Debbache, N., Pacheco, R., Serralheiro, M. L., & Araujo, M. E. (2019). Biological properties of phenolic compound extracts in selected Algerian honeys—The inhibition of acetylcholinesterase and α -glucosidase activities. *European Journal of Integrative Medicine*, 25(November 2018), 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2018.11.008>

Implicaciones ambientales y restauración de las presas de jales de la minería metálica

Environmental implications and mine tailings restoration of metal mining

DUARTE-ZARAGOZA, Victor Manuel†*, LOZANO-CAMARGO, Maria Luisa y VEGA-LOYOLA, Miriam

Carrera de Ingeniería Ambiental. Tecnológico de Estudios Superiores del Estado de México. Paraje San Isidro SN. Barrio de Tecamachalco, Estado de México, México. C.P 56400.

ID 1^{er}Autor: *Victor Manuel, Duarte-Zaragoza* / **ORC ID:** 0000-0001-6970-7985

ID 1^{er}Coautor: *Maria Luisa, Lozano-Camargo* / **ORC ID:** 0000-0002-0777-6392

ID 2^{do}Coautor: *Miriam, Vega-Loyola* / **ORC ID:** 0000-0001-1285-6257

V. Duarte, M. Lozano y M. Vega

vduarte896@gmail.com

J. Olives (Dr.). Ciencias biológicas y químicas. Proceedings-©ECORFAN-Mexico, 2019.

Abstract

Studies of soil contamination in Mexico began in 1970 decade; to date there is a lot of published information. With this work, it is intended to gather information from the theoretical bases to done the evaluation and restoration programs in soils contaminated with heavy metals. Mining in Mexico is one of the main sources of heavy metals contamination in the environment. The mine tailings contains minerals that when oxidized release a big amount of heavy metals. Nowadays there are a lot of tailings heaps in several states of Mexico, many of them are abandoned and exposed to wind dispersion and water drag, so it is necessary to conduct environmental studies and the subsequent implementation of public politics and reclamation programs.

Remediation, Restauration, Tailing heaps

Introducción

Las actividades mineras en México han generado miles de toneladas de residuos, los cuales han sido dispuestos en cientos de depósitos a lo largo y ancho del país (Ramos-Arroyo *et al.*, 2004). En algunos casos la vegetación nativa ha colonizado o comenzado a colonizar algunos depósitos, creando pequeñas islas de fertilidad; en otros casos los residuos tienen condiciones tan extremas que no presentan ningún tipo de cubierta, solo capas endurecidas del mismo material; pero en ocasiones, los residuos son regados y cubiertos con materiales como roca caliza y suelo natural para colocar en estos una cubierta vegetal.

Se han reportado diversas especies de plantas creciendo en los jales de mina, algunas de ellas son *Arabidopsis sp*, *Ricinus comunis*, *Acacia farnesiana*, *Vetiveria zizanioides*, *Paspalum notatum*, *Cynodon dactylon*, entre muchas otras (Chen *et al.*, 1997; Marchiol *et al.*, 2004; Bernal *et al.*, 2007; Mendes *et al.*, 2007). La mayoría de estas plantas, han desarrollado mecanismos, para extraer, excluir, acumular, inmovilizar, translocar y tolerar altas concentraciones de metales pesados (Shu *et al.*, 2004). No obstante, no son solo esos los beneficios de proveer una cubierta vegetal en los depósitos de residuos, ya que las plantas también mejoran el pool de materia orgánica en el sistema (Arosena *et al.*, 2009). Participan en el reciclaje de nutrientes, crean condiciones para la proliferación de la microfauna edáfica, mejora las condiciones físicas y químicas, participan en la formación de agregados y aumenta la retención de humedad, también se ve incrementada la capacidad de intercambio Catiónico (Cao *et al.*, 2003; Sollins *et al.*, 2006).

Las raíces de las plantas también participan activamente en la transformación y mejoramiento de las condiciones edáficas, ya que estas al exudar ácidos orgánicos buscan liberar los nutrientes del suelo, lo que hace que los minerales se vean afectados modificando sus condiciones químicas y físicas (Dakora y Phillips, 2002). Debido a estas cualidades, en diversos trabajos se ha considerado que la vegetación es uno de los catalizadores que impulsa la formación de suelos en los sitios de residuos de mina; en áreas reforestadas se ha reportado la aparición de procesos pedogenéticos, como la argilización y carbonatación, incluso se han logrado distinguir horizontes pedogenéticos, siendo el arreglo más común en los perfiles el A-C, A-C-C, aunque también se han distinguido horizontes B, el desarrollo de raíces en la capa superficial es una de las características más relevantes en este tipo de suelos (Roberts *et al.* 1988). De tal manera, que se espera que los sitios mineros que exista vegetación con mayor densidad radicular habrá un mayor desarrollo de las condiciones edáficas; aunque también se esperaría que una mayor densidad vegetal aceleren los procesos pedogenéticos.

Desarrollo

Metales pesados y su presencia en el suelo

De manera natural los suelos contienen elementos de transición que en concentraciones elevadas pudieran afectar la dinámica del sistema; un grupo de ellos en particular son los llamados metales pesados. Estos presentan una densidad igual o mayor a 5 g cm^{-3} y su número atómico es superior a 20 (Kabata-Pendias y Pendias, 1994). Dentro de ese grupo, se incluyen elementos muy tóxicos que no tienen función biológica conocida, como son: Ba, Cd, Hg, Pb, Sb y Bi (Cao *et al.*, 2003).

Otros son los denominados oligoelementos o micronutrientes tales como: As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Se y Zn, que son biológicamente indispensables para diferentes organismos, pero en pequeñas cantidades (Navarro-Aviño *et al.*, 2007).

La presencia de altas concentraciones de metales pesados en los suelos representa un serio problema para la salud humana, debido a su posible inclusión dentro de los diferentes niveles de cadenas tróficas (Chaspoul *et al.*, 2008). Los suelos tienen una resiliencia limitada con respecto a la retención de sustancias químicas, pero si los contaminantes sobrepasan esta capacidad, pueden llegar a ser móviles y biodisponibles para plantas, animales y seres humanos (Adriano, 2001). Además tienen la particularidad de no degradarse, acumularse dentro de los organismos y difícilmente ser expulsados, lo que ocasiona intoxicaciones, enfermedades y desordenes metabólicos y neuronales (Gode y Pehlivan *et al.*, 2006). Se ha demostrado que la exposición humana a altas concentraciones de metales pesados tiene como consecuencia la acumulación en los tejidos grasos del cuerpo, afectando al sistema nervioso central; estos elementos también son depositados en el sistema circulatorio y pueden interrumpir el funcionamiento normal de los órganos internos (Lee *et al.*, 2006).

La toxicidad ocasionada por los metales pesados se debe principalmente a su elevada tendencia a bioacumularse. Este se refiere al aumento de la concentración de un producto químico en un organismo biológico a cierto plazo, lo que puede llegar a ser superior al ambiente. La toxicidad es causada por la imposibilidad del organismo afectado de mantener los niveles necesarios de excreción (Navarro-Aviño *et al.*, 2007). Dicho proceso se va agravando durante el paso por las cadenas tróficas, que sufren un fuerte incremento a lo largo de sus eslabones, siendo en los superiores donde se hallan los mayores niveles de afectación (Alloway, 1995).

De acuerdo con Cunninham *et al.* (1997), es importante considerar la presencia simultánea (mezcla) de metales pesados, ya que sus efectos pueden ser tóxicamente sinérgicos (el efecto combinado es mayor que la suma de los efectos independientes) o antagónicos (la toxicidad se reduce al mezclarse). Por tanto, existe cierta dificultad para predecir el efecto real de los contaminantes en el medio (Navarro-Aviño *et al.*, 2007). Los efectos de un compuesto o la mezcla de ellos pueden ser inocuos, letales o subletales. Con frecuencia, los daños subletales suelen ser más perjudiciales para la población en general, ya que afectan al desarrollo o la reproducción (Kingery *et al.*, 2002).

Origen de los metales pesados en los suelos

Debido a la perturbación y cambios de la naturaleza se ven modificados los ciclos geoquímicos de los metales en la mayoría de los suelos, ya que estos pueden acumular uno o más de los metales pesados por encima de los valores naturales y ser suficientemente altos como para causar riesgos en la salud humana, plantas, animales y ecosistemas (D'Amore *et al.*, 2005). Los metales pesados son contaminantes del suelo debido a:

1. Las tasas de generación a través de los ciclos artificiales, que son relativamente más rápidos que los naturales;
2. Que son transferidos desde las minas a ubicaciones aleatorias del ambiente;
3. Que su concentración en los productos desechados, por ejemplo residuos de minas, son relativamente más altos en comparación con la concentración del suelo;
4. La forma química en la que se encuentra en el sistema (Kaasalainen y Yli-Halla, 2003; D'Amore., 2005).

Contenido natural de los metales pesados en el suelo

Algunos autores coinciden en que el contenido de metales pesados de forma natural en los suelos, depende de la composición de los minerales primarios, así como de la presencia de formas solubles y activas de metales pesados (Alloway, 1995; Adriano, 2001). De acuerdo con Durán (2004) de los elementos que constituyen la corteza terrestre, menos de 0.1% son metales pesados; los más abundantes son el Mn, Cr, Zn, Ni y Pb (1-1 500 mg kg⁻¹; el Mn puede llegar a 10 000 mg kg⁻¹). En menores concentraciones se encuentran el Co, Cu y As (0.1-250 mg kg⁻¹) y con mínimos porcentajes el Cd y Hg (0.01-2 mg kg⁻¹).

Según Kabata-Pendias y Pendias (1994), las rocas que presenta un mayor contenido de metales pesados son las máficas, seguidas de las ultramáficas y de las intermedias; mientras que las sedimentarias presentan un menor contenido. En la Tabla 4.1, se puede apreciar la concentración en mg kg^{-1} de metales pesados en diferentes tipos de rocas. Otros autores como Sipos y Póka (2001) han reportado datos similares en el mismo tipo de materiales, al igual que Bini *et al.* (2007).

Tabla 4.1 Concentración de metales pesados en distintas clases de roca

Tipo de roca	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni	As	Fe (%)
	----- (mg kg^{-1}) -----							
Ultramáficas	10-140	40-60	0.03-0.05	0.1-1	850-1500	1400-2000	0.5-1	9.4-10
Máficas	60-120	80-120	0.13-0.22	3-8	1200-2000	130-160	0.6-20	5.6- 5.9
Intermedias	15-80	40-100	0.13	12.15	500-1200	5-55	1-2.5	3.7-5.9
Acidas	10-30	40-60	0.09-0.2	15-24	350-600	5-15	1-2.6	1.4-2.7
Acidas (volcánicas)	5-20	40-100	0.05-0.2	1-0-20	600-1200	20	1.5-2.5	2.6
Sedimentos argílicos	40-60	80-120	0.3	20-40	400-800	40-90	13	3.3-4.7
Lutita	40	80-120	0.22-0.3	18-25	500-850	50-70	5-13	4.3-4.8
Arenisca	5-30	15-30	0.05	5-10	100-500	5-20	1-1.2	1-3
Calcita, dolomita	2-10	10-25	0.035	3-10	200-1000	7-20	1-2.4	0.4-1

Fuente: Kabata-Pendias y Pendias (1984)

En la Tabla 4.2 se presentan los valores de metales pesados reportados por Adriano (2001), Kabata-Pendias y Pendias (1994) y Alloway (1995). En este se aprecia que en suelos no influenciados por actividades humanas la concentración es similar a la del material parental. Sin embargo, otros investigadores han reportado que en suelos no contaminados, las concentraciones de metales pueden estar con valores por encima de los promedios, a lo cual le llaman concentraciones anómalas, estas se deben al tipo de material parental; por ejemplo, Adriano (2001) reportó que en suelos originados de serpentina la concentración de Cu se ubica en cantidades por arriba de los 600 mg kg^{-1} . En consecuencia, es importante considerar la variación espacial de los patrones geológicos del territorio que se pretende evaluar (Sipos y Póka, 2003).

Tabla 4.2 Concentración natural de metales pesados en suelos de distintos países

País	Pb	Zn	Cu	Cd	Fe	Mn
	----- (mg kg^{-1}) -----					
Austria	150	65	17	0.2	13300	310
Francia	30	16	13	0.7	-	538
Alemania	56	83	22	0.5	1147	806
Italia	21	89	51	0.5	37000	900
Holanda	60	73	19	1.8	-	-
España	35	59	14	1.7	-	-
Suecia	69	182	8.5	1.2	6300	770
Inglaterra	49	78	16	0.7	3141	1405
Japón	29	99	32	0.45	-	-
Ex URSS	20	54	25	0.50	-	560
Canadá	20	74	22	0.30	-	520
USA	11	53	19	0.20	-	-
Chile	12	60	200	-	-	1000
México ^a	69	-	11	4.50	17865	-

- = no determinado.

Fuente: Adriano, 2001; Kabata-Pendias y Pendias, 1994; Alloway, 1995; ^aChipreset *et al.*, 2009)

En México no se han realizado trabajos sistemáticos que reporten la variabilidad espacial de los niveles de metales pesados en todo el territorio nacional. No obstante, algunos autores han desarrollado investigaciones en distintas localidades del país como es el caso de Chipres *et al.* (2009) en zonas naturales de Matehuala, SLP, Maldonado *et al.* (2008) en zonas agrícolas regadas con aguas residuales y Somers *et al.* (2000) quienes evaluaron la dispersión de residuos de mina en Chihuahua.

La minería en México

La minería es la actividad base del desarrollo económico y social de un país, ya que proporciona la materia prima a la mayoría de los procesos industriales (España *et al.*, 2005). En México, se considera una de las actividades primarias de mayor importancia para la economía nacional (INEGI, 2012), prácticamente se ha convertido en el motor para el desarrollo de la economía nacional (SECON, 2012).

Hoy en día, México es considerado el segundo país productor a nivel mundial de plata, bismuto y fluorita y destaca en la producción de arsénico, plomo, cadmio, antimonio, zinc, barita, grafito, yeso (INEGI, 2012).

La industria minera en México en contraste con el enorme beneficio económico que trae al país, también se ha convertido en un problema de salud pública y ambiental, ya que las miles de toneladas de minerales aprovechables, tan solo representan un estimado del 3 o 6% de material extraído, el resto es material que no tiene valor económico alguno y este generalmente se desecha acumulándolo en las llamadas presas de “jales” (Cortinas, 2010). Los residuos de mina no son inocuos, muchos de ellos contienen altas proporciones de sulfuros metálicos residuales, tales como pirita (FeS_2), galena (PbS), esfalerita (ZnS), calcopirita (CuFeS_2) y arsenopirita (FeAsS); los cuales al oxidarse se derivan en la generación de drenaje ácido liberando altas concentraciones de elementos altamente tóxicos como As, Hg, Co, Mn, Pb, Cd, Cu, Fe, etc. (Romero *et al.*, 2008).

Los residuos mineros están considerados como peligrosos (NOM-052-SEMARNAT-2005) y por tanto, de alto riesgo para la salud humana debido a su gran contenido de metales pesados y sustancias químicas que son empleadas en la etapa de separación. En México, la mayoría de los depósitos de residuos fueron vertidos al aire libre, y apenas en el siglo pasado se creó la primera norma para regular su control y manejo (NOM-090-ECOL-1994). La minería en México comenzó en el siglo XVI dejando cientos de pilas de residuos abandonados a lo largo y ancho del país (Ramos-Arroyo *et al.*, 2004). La mayoría de los depósitos no recibieron el manejo adecuado quedando expuestos a las condiciones atmosféricas y muy susceptibles a la dispersión eólica y al arrastre hídrico (García *et al.*, 2003).

Las actividades mineras como fuente de contaminación

Una de las actividades humanas que tienen un impacto importante en el ambiente es la minería. En México esta actividad tiene una gran importancia en la vida económica (SECON, 2013); sin embargo, también es una actividad que ocasiona serios problemas ambientales en varias etapas del proceso (Dold y Fontboté, 2002). Durante la extracción y separación, se generan millones de toneladas de residuos (también denominados jales). A manera de ilustración, se estima que un mineral típico puede contener alrededor de 6% de zinc y 3% de Pb, que al ser concentrados generan alrededor de 850 kg de residuos sólidos y una cantidad equivalente de agua que puede llevar cerca de un kilogramo de sustancias químicas residuales por cada tonelada de mineral procesado (Cortinas, 2013).

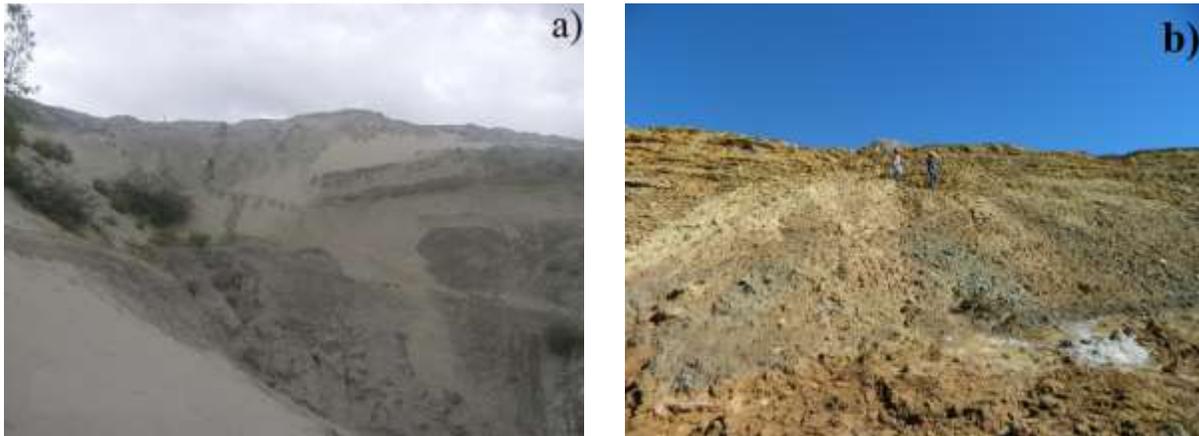
El suelo es uno de los sistemas más afectados por contaminación de metales pesados, al ser el receptáculo de los residuos transportados principalmente por viento en los sitios mineros (Thornton, 1993). Su grado de afectación depende en gran medida de las condiciones climáticas, hidrológicas y geológicas, así como al uso y tipo de suelos que predominen en la zona (Aslibekian y Moles, 2003; Komnitsas y Modis, 2009), razones por las cuales los umbrales de los metales pesados, establecidos por diversas normas ambientales, causan confusión y muchas veces no se puede seleccionar el esquema de rehabilitación más apropiado (Komnitsas y Modis, 2006).

Los residuos de mina generalmente presentan una granulometría muy fina, son susceptibles a la dispersión eólica y al arrastre hídrico (Dudka y Adriano, 1997). Muchos de los depósitos de residuos no cuentan con ningún tipo de cubierta y pueden dispersarse hacia zonas cercanas (García *et al.*, 2003). Estos residuos no son inocuos ya que contienen altas proporciones de sulfuros metálicos residuales, tales como pirita (FeS_2), galena (PbS), calcopirita (CuFeS_2) y arsenopirita (FeAsS), los cuales con excepción de la esfalerita (ZnS) al oxidarse generan acidez al suelo y liberan altas concentraciones de elementos tóxicos como As, Hg, Co, Mn, Pb, Cd, Cu, Fe, etc. (Romero *et al.*, 2008). Cuando estas partículas se transportan se pueden convertir en un problema ambiental severo al contaminar a los suelos, aguas superficiales y subterráneas, además de afectar directamente la salud de seres humanos, plantas y animales (Armienta *et al.*, 2001; Jung, 2001).

En México, la mayoría de los depósitos de residuos fueron depositados al aire libre durante décadas e incluso cientos de años, y fue hasta finales del siglo pasado cuando se creó la primera norma para regular su control y manejo (NOM-090-ECOL-1994). En la Fig. 4.1 se pueden apreciar dos ejemplos de depósitos de residuos de mina en donde no hay cubierta protectora y barreras de contención, solo están apilados y expuestos a la acción de los factores ambientales.

En general, se carece de control y seguimiento a las normas establecidas para tales propósitos (NOM-141-SEMARNAT-2003).

Figura 4.1 Depósitos de residuos de mina en Zimapán, Hgo., Méx. a) Presa de residuos Santa María (no oxidados) y b) presa de residuos CiaZimapán (oxidados)



Cobertura vegetal de jales mineros

A través de los años, la naturaleza se ha visto reflejada en los depósitos de residuos de mina, ya que poco a poco han aparecido diversas especies de plantas colonizadoras que aunque las condiciones del sustrato parecieran ser extremas; es decir, muchas veces con pH ácido, alto contenido de metales pesados biodisponibles y con carencia de nutrientes, ellas crean islas de fertilidad, usando mecanismos que les permiten sobrevivir (Arosena *et al.*, 2010). Empleando esos conocimientos, se han creado hecho listados de plantas con las cualidades de soportar las condiciones físicas y químicas de los depósitos de residuo, se ha colectado el germoplasma y se han realizado plantaciones con la finalidad de crear una cubierta vegetal (Wang *et al.*, 2007).

El uso de plantas en sitios contaminados se conoce como fitorremediación, que es el conjunto de métodos para transformar, degradar, absorber, metabolizar o detoxificar metales pesados, compuestos orgánicos, materiales radioactivos e hidrocarburos. Para ello se utilizan plantas que tengan la capacidad fisiológica y bioquímica para absorber, retener, degradar o transformar dichas sustancias a formas menos tóxicas. Otra posible definición consiste en utilizar la capacidad de ciertas plantas (terrestres y acuáticas) y cultivos *in vitro* con el fin de remover, contener o transformar productos contaminantes del entorno. Aunque no es una regla, las bases conceptuales de la fitorremediación provienen de la identificación de plantas que hiperacumulan metales (Salt *et al.*, 1998). Es una técnica muy práctica y económica, los costos bajos y la alta disponibilidad resultan imprescindibles para un buen manejo de la fitorremediación (Market *et al.*, 1993).

Efecto de la materia orgánica del suelo y microfauna en la formación de suelos

La cubierta vegetal, además de la protección física, aporta una cantidad importante de materia orgánica del suelo (MOS). Según Ottenhof (2007) una de las primeras plantas colonizadoras (*L. spartum*) en residuos de mina, pudo aportar hasta 11g de MOS kg^{-1} de suelo en 15 años. De acuerdo con Frouz *et al.* (2005) la acumulación de carbono orgánico (C orgánico) en las capas superficiales de los jales y la activación de los organismos son de vital importancia en el proceso de desarrollo del suelo en las zonas mineras.

A pesar de que los microorganismos constituyen sólo alrededor del 2-4% de la materia orgánica del suelo (MOS), su actividad se puede considerar como uno de los principales procesos de formación del suelo, debido a su alta tasa de rotación y su papel insustituible en la transformación de la materia orgánica (MO).

La materia orgánica también tiene un rol muy importante en las condiciones químicas de los jales, ya que las sustancias húmicas forman complejos o quelatos con metales como cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, arsénico, selenio y zinc, entre otros.

De acuerdo con Silveira *et al.* (2003) algunos metales tienen mayor afinidad por ligandos encontrados en los ácidos fúlvicos, húmicos y huminas que tienen la facultad de formar complejos con radicales orgánicos; carboxílicos ($R-COO^-$), alcohólicos ($R-O^-$), fenólicos ($fe-O^-$), aminos ($R-NH_2$) y sulfhídricos ($R-S^-$) y formar complejos estables (Aguirre, 2001).

La entrada principal de la MO en el suelo es proporcionado por la vegetación, hojarasca y exudación radicular. La velocidad de descomposición de material vegetal está en función de la temperatura, la humedad, el pH, la cantidad de nitrógeno disponible (N), la cantidad y la actividad de la biota del suelo y también la calidad del material vegetal (Odum, 1966; Alexander, 1977). Este incremento de la actividad biológica en los jales de mina, a menudo se relaciona con el establecimiento de las plantas pioneras y este aumento se ve reflejado en un cambio de estructura de laminada y aplanada a los agregados de suelo en microestructura (Arosena *et al.*, 2009).

La tasa de desarrollo del suelo y la recolonización de montones de escombros por los microorganismos depende, entre otras cosas, de la calidad del sustrato y el tipo de vegetación. Los sustratos ricos en N, es decir, con una menor relación C/N, son más fácilmente descomponible que los sustratos de baja en N (Alexander, 1977). Se ha reportado que la aplicación de materiales orgánicos de los residuos de mina ha contribuido al incremento de las poblaciones microbianas y a la vez esas aplicaciones han reflejado un cambio en la estructura, incluso hasta alcanzar una estructura granular del suelo (Arosena *et al.*, 2009).

Formación de suelos sobre jales mineros

El principal factor que afecta los procesos de formación de suelo de jales mina es la fuerte acidez causada por el intemperismo de los sulfuros. La influencia negativa de fuerte acidez en los suelos es evidente y se manifiesta por ejemplo, lixiviación de Ca, Mg, K y de perfiles de suelo, y el aumento de elementos tóxicos en la solución del suelo (Romero *et al.*, 2008). Por esta razón, suelos ácidos tecnogénicos que contienen sulfuros son recuperados con el uso de agentes neutralizantes, por ejemplo, cal o carbonatos de Ca y Mg (Kabata y pendías y Pendias, 1994). Recuperación de sulfuro de residuos que contienen también puede llevarse a cabo por el proceso de aislamiento, es decir, cubriendo los materiales tóxicos con una capa de material de suelo fértil, lo cual ayudara al desarrollo de una cubierta vegetal (Uzarowicz y Skiba, 2011).

En suelos normales los factores que controlan la formación del suelo son el clima, los organismos, de relieve o topografía, material parental y el tiempo (Kabata-Pendias y Pendias, 1994). Sin embargo, se ha observado que en los suelos originados en jales de mina, también llamados tecnogénicos, el tiempo están corto que los factores activos de formación del suelo han tenido poco impacto en el proceso de formación del suelo. Sin embargo, no obstante que el origen del material parental no es explicado con los procesos geológicos naturales, este es atribuido a los materiales que son desechados después del procesamiento mecánico y químico del material (Roberts *et al.*, 1988). En este tipo de suelos, los procesos formadores de suelo que dominan son congelación-descongelación, expansión-contracción, disolución, filtración, oxidación, descomposición de la materia orgánica y su incorporación y agregación de las partículas del suelo en agregados (Roberts *et al.*, 1988).

Se ha mencionado antes sobre el papel que juega la materia orgánica en la formación de suelo. No obstante, la transformación de los minerales también es uno de los indicadores de la formación de suelo en los jales de mina, ya que no se debe olvidar que los jales de mina contienen altas cantidades de sulfuros de hierro y por el tiempo que están apilados, pasan por procesos naturales de formación de suelos (Kostenko y Opanasenko, 2005).

Las transformaciones minerales se da en entornos de meteorización, similares a las encontradas en los suelos de origen tectónico que contienen sulfuros metálicos, bajo la influencia del drenaje ácido de minas; el sulfuro meteorizado resulta en el desarrollo de óxidos de hierro y muchos minerales de sulfato (Bigham *et al.*, 1996. En residuos mineros que contienen sulfuros de hierro ocurren una serie de transformaciones en los filosilicatos y conducen al desarrollo de arcillas y disolución de los minerales menos resistentes en tiempos extremadamente rápidos (Uzarowicz *et al.*, 2011).

Clasificación de suelos desarrollados en jales de mina

Los suelos desarrollados en jales mineros, son clasificados como tecnosoles en el caso de la WRB. Los Tecnosoles comprenden un nuevo grupo de suelo de referencia (GSR) y combina suelos cuyas propiedades están originadas por su origen *técnico*. Contienen una cantidad significativa de *artefactos* (algo en el suelo reconociblemente hecho o extraído de la tierra por el hombre), o están sellados por *roca dura técnica* (material duro creado por el hombre, que tiene propiedades diferentes a la roca natural). Incluyen suelos de desechos (rellenos, lodos, escorias, escombros o desechos de minería y cenizas), pavimentos con sus materiales subyacentes no consolidados, suelos con geomembranas y suelos construidos en materiales hechos por el hombre.

Los Tecnosoles son frecuentemente referidos como suelos *urbanos o de minas*. Se reconocen en el nuevo sistema ruso de clasificación de suelos como *Formaciones Tecnogénicas Superficiales*. Prácticamente se desarrollan en todo tipo de materiales hechos o expuestos por actividad humana que de otro modo no ocurrirían sobre la superficie de la tierra; la patogénesis en estos suelos está fuertemente afectada por materiales y su organización. El perfil no tiene desarrollo alguno, aunque en vaciaderos antiguos puede observarse evidencia de pedogénesis *natural*, tal como translocación de arcilla. Los depósitos de lignito y hollín con el tiempo pueden exhibir propiedades *vítricas* o *ándicas* (Zikeli *et al.*, 2005). Uzarowicz *et al.* (2011) hacen un listado de los tecnosoles clasificados en residuos de mina, donde el espólico es el más frecuente, incluyendo los que presentan o no vegetación.

La mayoría de los suelos de mina que se en donde han desarrollado los horizontes han sido descritos con horizontes A-C o A-AC-C y todas estas series han sido clasificadas por la Taxonomía de suelos como Entisoles porque no tienen horizonte de diagnóstico solo el epipedónócrico. Muchos de los suelos de mina han sido clasificados como Udorthents, Udarents, Ustorthents, y Udipsamment. A excepción de Sulfochrepts, los taxones utilizados para suelos de mina no reflejan adecuadamente la única génesis, propiedades y necesidades de gestión de estos suelos. Los autores han propuesto Spolents como un suborden nuevo. Los científicos de Maryland han sugerido la definición de materiales garbic, spolic y Urbic y la superficie terrestre trasquilada por nuevos subgrupos de Udorthents, etc. Otros han propuesto un nuevo orden, Antrosoles (ICOMANTH, 2012).

Marco normativo para suelos contaminados con metales pesados

La preocupación de instancias gubernamentales e investigadores, ante los efectos ocasionados por metales pesados en el ambiente (Roberts *et al.*, 1994), ha hecho que se enfoquen en la búsqueda de una acción eficaz, que a largo plazo pueda lograr un mejor entendimiento de las causas y brindar una mayor claridad en las posibles soluciones (Bolan *et al.*, 2003).

En México, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) define el término "contaminación" como la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o una combinación de ellos, lo que resulta en un desequilibrio ecológico. En esta ley, la obligación de remediación no se activa a menos que el muestreo y análisis de suelo confirmen que está contaminado, una presunción de contaminación no desencadena la obligación de remediar. En el caso de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, es importante el elemento de presunción y establece como obligación la remediación.

Por otra parte, los artículos 68 y 69 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), conocida como la Ley de Residuos, puede asignar responsabilidades administrativas a la parte responsable de la contaminación. Si la parte responsable no es identificada, el propietario y el ocupante del lugar son conjunta y solidariamente responsables, por lo que deben hacerse cargo de la limpieza y remediación del lugar.

Un sitio se considera contaminado por metales pesados cuando los umbrales establecidos en la norma se exceden. La norma sigue la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la Ley de Residuos en el establecimiento de estándares de remediación de acuerdo a dos categorías de zonificación: (i) el uso agrícola, residencial o comercial, y (ii) el uso industrial. Si el área cae bajo las dos categorías, los criterios para el uso predominante se deben aplicar. Si la tierra no ha designado su uso, el más estricto de los dos grupos de criterios (por ejemplo, los de uso residencial) se considerará aplicable.

En otros países, a través de sus instancias encargadas de la protección del ambiente, han establecido valores de referencia de metales pesados en suelos. Su intención es prevenir y corregir los niveles de metales pesados en suelo a partir de donde implican un potencial riesgo a la salud humana, a la ecología o a los cultivos (USEPA, 1996; NEPM, 1999). En países de la Unión Europea, los valores de referencia, son normas genéricas de calidad adoptados para regular la gestión de los suelos contaminados. Por lo general, se expresan en umbrales de concentración (mg de metal sobre kg de suelo seco) de contaminantes en el suelo sobre el cual se recomienda realizar cierta acción.

Los jales que provenientes del beneficio de antimonio, de óxido de cobre, de pirita de cobre, de plomo y de zinc, están clasificados como peligrosos en la NOM-052-SEMARNAT-193, donde se establece el procedimiento para llevar a cabo a la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, pero esta no es aplicable a los residuos mineros de acuerdo a los resultados de estudios avalados por la comunidad científica nacional e internacional.

Por lo antes mencionado Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de normas oficiales mexicanas el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales en sesión de fecha 25 de febrero de 2004, aprobó la presente la Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2013, establece el procedimiento que se debe llevar a cabo para la caracterización de los jales, especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales. Dicha Norma fue establecida debido al gran crecimiento industrial y población han contribuido a la generación de residuos peligrosos que afectan el equilibrio ecológico y ambiental; para la protección del ambiente y control de las presas de jales que son un sistema para disposición final de los residuos sólidos generados que cubran las condiciones de máxima seguridad, a fin de garantizar la protección de la población, las actividades económicas y sociales y, en general, el equilibrio ecológico.

Dicha Norma es de orden público y de interés social, así como de observancia obligatoria para el generador de jales provenientes del beneficio de minerales metálicos y no metálicos, exceptuando a los minerales radioactivos, y para las presas de jales que se construyan a partir de la fecha de entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana.

El almacenamiento de los jales puede efectuarse en el lugar donde se generen, conforme a la información obtenida de la caracterización del sitio, aplicando los criterios de protección ambiental especificados en esta Norma Oficial Mexicana para cada etapa. En el caso que se requiera ubicar una presa de jales en áreas naturales protegidas, la autorización estará sujeta a la evaluación en materia de impacto ambiental, así como a lo dispuesto en el Decreto del Área Natural Protegida y el Programa de Manejo Respectivo. Si existen zonas y obras que por sus características se consideran patrimonio histórico o cultural, se debe cumplir con lo establecido en las leyes aplicables. En caso de que se pretenda ocupar un cauce natural de corriente y/o zona federal, se deberá solicitar el permiso por ocupación y/o concesión de zona federal y construcción de obra hidráulica a la Comisión Nacional del Agua, la cual determinará su procedencia (Diario Oficial, 2004).

Conclusiones

El grado de contaminación de un suelo depende en gran medida de las actividades que se desarrollen sobre él ya sea por causas humanas o naturales. Los valores de concentración de metales pesados establecidos en normas ambientales, ayudan a conocer de manera general el grado de contaminación que puede tener un suelo; no obstante, es importante conocer la influencia de todos los componentes que controlan o participan en la movilidad de los contaminantes. Los sitios contaminados con metales pesados requiere de la implementación de estrategias que permitan la remediación y la restauración de las zonas, lo cual promoverá la estabilización de los contaminantes causando que disminuya el riesgo ecológico.

Referencias

Adriano, C.D. 2001. Trace elements in terrestrial environments. Biogeochemistry, bioavailability, and risk of metals. Springer-Verlag, new Cork. 866p.

- Aguirre, G. A. 2001. Química de los suelos ácidos templados y tropicales. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF, 289 p.
- Alexander, M., 1977. Introduction to Soil Microbiology. JohnWiley& Sons, USA.
- Alloway, B.J. 1995. Heavy Metals in Soils, Blackie Academic and Professional, London,UK, 2nd edition.
- Armienta, M.A., G. Villaseñor, R. Rodríguez, L.K. Ongley, and H. Mango. 2001. The role of arsenic-bearing rocks in groundwater pollution at Zimapan Valley, Mexico. *Environmental Geology*. 40(4-5): 571–581.
- Arocena, J.M., J.M.V. Mourik, M.L.Schilder, and A.F. Cano. 2010. Initial Soil Development Under Pioneer Plant Species in Metal Mine Waste Deposits. *Restor. Ecol.* 18: 244-252.
- Aslibekian, O., and R. Moles. 2003. Environmental risk assessment of metals contaminated soils at silverminesabandonaded mine site, Co Tipperaty, Ireland. *Environmental Geochemistry and Health*. 25: 247–266.
- Bigham, J.M., Schwertmann, U., Traina, S.J., Winland, R.L., Wolf, M., 1996. Schwertman- nite and the chemical modeling of iron in acid sulphate waters. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 60, 2111–2121.
- Bini, C., G. Sartori, M. Wahsha, and S. Fontana. 2011. Background levels of trace elements and soil geochemistry at regional level in NE Italy. *Journal of Geochemical Exploration*. 109:125–133.
- Bolan, N.S., D.C. Adriano, and R. Naidu. 2003. Role of Phosphorus in (Im)mobilization and Bioavailability of Heavy Metals in the Soil–Plant System. *Rev. Environ. Contam. Toxic.* 177: 1–44
- Cao, X., Q. Lena, and A. Shiralispour. 2003. Effects of compost and phosphate amendments on arsenic mobility in soil and arsenic uptake by the hyperaccumulator, *Pterisvittara* L. *Environ. Pollut.* 126:157-167.
- Chen, M., L. Q. Ma, S. P. Singh, R. X. Cao, and R. Melaned. 2003. Field demonstration in situ immobilization of soil Pb using P amendments. *Adv. Environ. Res.*, 8:93-102.
- Chiprés, J.A., J. Castro-Larragoitia, and M.G. Monroy. 2009. Applied Geochemistry Exploratory and spatial data analysis (EDA – SDA) for determining regional background levels and anomalies of potentially toxic elements in soils from Catorce – Matehuala, Mexico. *Applied Geochemistry*. 24(8): 1579–1589.
- Cortinas, C.N. 2013. Manejo ambiental de los relaves o jales mineros. [En línea]. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetitas/155/cortinas.html> [Consultado el 25 mayo de 2019].
- Cunningham, S.D., J.R. Shann, E. Crowley and A. Anderson. 1997. Phytoremediation of contaminated water and soil. American Chemical Society. Washington D. C. 318p.
- Dakora, F.D., and D.A. Phillips. 2002. Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments. *Plant and Soil*. 245: 35-47.
- D’Amore, J.J., S.R. Al-Abed, K.G. Scheckel, and J.A. Ryan. 2005. “Methods for speciation of metals in soils: a review,” *Journal of Environmental Quality*. 34(5): 1707–1745.
- Diario Oficial, 2004. [En línea] <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/DO337.pdf>
- Dold, B., and L. Fontboté. 2002. A mineralogical and geochemical study of element mobility in sulfide mine tailings of Fe oxide Cu-Au deposits from Punta delCobre belt, northern Chile. *Chemical Geology*. 189: 135–163.

- Dudka, S., and D.C., Adriano, 1997. Environmental impacts of metal ore mining and processing: a review. *Journal of Environmental Quality*. 26: 590–602.
- Frouz, J., U. Fettweis, O. Bens, and R.F. Hqttl. 2005. Soil development and properties of microbial biomass succession in reclaimed post mining sites near Sokolov(Czech Republic) and near Cottbus (Germany). *Geoderma*. 129: 73 - 80.
- García, G., J. I. Mantec, y A. Faz. 2003. *Riesgos y calidad ambiental de los terrenos del antiguo Distrito Minero de La Unión-Cartagena, Murcia*. In: Rábano, I., Manteca, I., García, C. (Eds.), Patrimonio Geológico y Minero y Desarrollo Regional. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, Spain, pp. 301–306.
- ICOMANTH, 2012. Classification of minesoils. <http://clic.cses.vt.edu/ICOMANTH/>
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), 2012. Digital Data and maps of Mexico. Retrieval from www.inegi.gob.mx/inegi/default.asp.
- Jung, M.C. 2001, Heavy metal contamination of soils and waters in and around the Imcheon Au-Ag mine, Korea. *Applied Geochemistry*. 16(11–12): 1369–1375.
- Kaasalainen, M., and M. Yli-Halla, 2013. “Use of sequential extraction to assess metal partitioning in soils,” *Environmental Pollution*. 126(2): 225–233.
- Kabata, P. A. and H. Pendias. 1994. *Trace elements in soils and plants*. C.R.C. Press Boca Raton Florida, USA. 315 p.
- Kostenko, I.V., Opanasenko, N.E., 2005. Soil formation on sulfide mine dumps in the Western Donets Basin upon their overgrowing. *Pochvovedene*. 11: 1357–1365.
- LGEEPA. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988.
- LGPGIR. 2004. LEY General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 2004.
- Maldonado, V.M., H.O. Arias, R. Quintana, R.A. Saucedo, M. Gutiérrez, J.A. Ortega, and G.V. Nevarez. 2008. Heavy Metal Content in Soils under Different Wastewater Irrigation Patterns in Chihuahua, Mexico. *Public Health*. 5(5): 441–449.
- Marchiol, L., S. Assolari, P. Sacco, and G. Zerbi. 2004. Phytoextraction of heavy metals by canola (*Brassica napus*) and radish (*Raphanussativus*) grown on multicontaminated soil. *Environmental Pollution*. 132: 21-27.
- Market, B., B. Streit, W. Stumm, J. A. Verkleij, G. Wagner, G. Witting, and A. J. Baker. 1993. *Plant as biomonitors/indicators for heavy metals in the terrestrial environment*. Edited By VCH/Verlagsgesellschaft, Germany, 644 p.
- Mendes, M. O., E. P. and R. M. Maier. 2007. Phytostabilización potencial de quailbush for mine tailings: growth. Metal accumulation and microbial community changes, *J.Env.Qual*, 36(1):245-53.
- Nelson, R. E., L. C. Klameth, and W. D. Nettleton. 1978. Determining soil gypsum content and expressing properties of gypsiferous soils. *Soil Science Society of America Journal* 42:659–661.

NEPM (National Environment Protection Council). 1999. National Environment Protection (Assessment of Site Contamination) Measure: Schedule B(1) Guideline on the Investigation Levels for Soil and Groundwater. [PDF files may be downloaded from [En línea] <http://sanaterre.com/guidelines/australian.html> [Consultado el 25 mayo de 2019].

NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. *Diario Oficial de la Federación* (México), 13 de septiembre de 2004.

NOM-090-ECOL-1994. Que establecen los requisitos para el diseño, construcción y operación de presas de jales.

NOM-141-SEMARNAT-2003, Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales.

NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, que establece los criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, selenio, talio y vanadio.

Odum, E.P., 1966. *Ecology*. Holt, Rinehart and Winston, New York.

Ottenhof, C. J. M., A. Faz Cano, J. M. Arocena, G. J. Nierop, J. M. Verstraten, and K. J. M. van Mourik. 2007. Soil organic matter from pioneer species and its implications to phytostabilization of mined sites in the Sierra de Cartagena (Spain). *Chemosphere* 69:1341–1350.

Ramos-Arroyo, Y. R., R. M. Prol-Ledesma y C. Siebe-Grabach. 2004. Características geológicas y mineralógicas e historia de extracción del Distrito de Guanajuato, México. Posibles escenarios geoquímicas para los residuos mineros. *Rev.Mex. C. Geol.* 21(2):268-284.

Roberts, A., R.D. Longhurst, and M.W. Brown. 1994. Cadmium status of soils, plant and grazing animals in New Zealand. *Agricultural Resources*. 33: 119–129. Roberts, J.A., W.L. Daniels, J.C. Bell, and J.A. Burger. 1988. Early stages of mine soil genesis as affected by topsoiling and organic amendments. *SoilSci. Soc. Amer. J.* 52:730-738.

Romero F M, Armienta M A, Eugenia M, 2008. Factores geológicos que determinan la peligrosidad y el impacto ambiental de jales mineros. *Rev IntContam Ambient*, 24 (2): 43-54.

Salt, D. E., R. D. Smith, and I. Raskin. 1998. Phytoremediation. *Annu Rev Plant Physiology*, 49:643–468.

SECON (Secretaría de Economía). 2013. La minería en México. [En línea]. <http://www.economia.gob.mx/?P=867>. [Consultado el 18 de mayo de 2019].

Silveira, M. I., L. R. Alleun, and L. R. Guillerme. 2003. Biosolids and heavy metals in soil. *Scientia Agricola*. 60 (4): 795-806.

Sipos, P., and T. Póka, 2003. The variable geological and geochemical factors in the determination of threshold limit values for heavy metals in soils. In: *6th International Symposium on Environmental Geochemistry*, Edinburgh, Scotland, 7 – 11 September, 2003. 165 p.

Sollins, P., C. Swanston, M. Kleber, T. Filley, M. Kramere, S. Crow, B. A. Caldwell, K. Lajtha, and R. Bowden. 2006. Organic C and N stabilization in a forest soil: evidence from sequential density fractionation. *SoilBiolBiochem*. 38:3313–332.

Somers, I.C., P. Fernández, H. Rivas, y M.E. Gutiérrez. 2000. La geoestadística como herramienta en estudios de contaminación de suelos. Análisis de caso: Afectación por arsénico, plomo y cadmio contenidos en jales mineros. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 16(4): 205–214.

Shu, W. S., Y. L. Zhao, B. Yang, H. P. Xia, and C. Y. Lan. 2004. Accumulation of heavy metals in four grasses ground on lead and zinc mine tailing. *J. Environ. Sci.* 16(5):7304.

Thornton, I. 1993. Environmental geochemistry and health in the 1990's: a global perspective. *Applied Geochemical.* 2: 203–210.

Uzarowicz, Ł., S. Skiba, M. Skiba, and B. Segvic. 2011. Clay-mineral Formation in Soils Developed in the Weathering Zone of Pyrite-Bearing Schists: A Case Study from the Abandoned Pyrite Mine in Wieściszowice, Lower Silesia, SW Poland. *Clays and Clay Minerals.* 59(6):581–594.

Zikeli, S.M. Kastler, and R. Jahn, 2005. Classification of anthrosols with vitric/andic properties derived from lignite ash. *Geoderma.* 124(3):253-265

Victimización de áreas naturales: el caso del cerro de Amalúcan y la zona protegida de Flor del Bosque

Victimization of natural areas: the case of the hill of Amalúcan and the protected area of Flor del Bosque

MORALES-ORTEGA, José Alejandro†*, PÉREZ-ÁNGELES, Juan Manuel y CASTILLO-REYES, Alberto Rosendo

ID 1^{er} Autor: *José Alejandro, Morales-Ortega* / **ORC ID:** 0000-0001-8379-4405

ID 1^{er} Coautor: *Juan Manuel, Pérez-Ángeles* / **ORC ID:** 0000-0003-2539-6139, **Researcher ID Thomson:** B- 8778-2019, **CVU CONACYT ID:** 599143

ID 2^{do} Coautor: *Alberto Rosendo, Castillo-Reyes* / **ORC ID:** 0000-0001-6338-2534, **Researcher ID Thomson:** U-9440-2018, **CVU CONACYT-ID:** 950754

Resumen

En este escrito se aborda el deterioro del medio ambiente a partir de malas prácticas urbanas y la falta de vigilancia en la aplicación de la normatividad existente. Iniciaremos con la definición de conceptos básicos, análisis estadístico y gráfico del Cerro de Amalúcan dentro de la ciudad de Puebla y la Zona Protegida General Lázaro Cárdenas mejor conocido como Parque ecológico Flor del Bosque y finalmente se concluirá con una breve reflexión que apunte a la sustentabilidad del medio ambiente, todas estas áreas verdes han perdido su función por los fenómenos sociales a los que se han sometido a través del tiempo y de los asentamientos de la sociedad, que estos son muy irregulares, diversos, que al ver son de una marginación muy específica, las zonas verdes son necesarias para un desarrollo óptimo de la sociedad por qué se debe replantear acción que nos permita el rescate de estas zonas, pues son el medio para beneficio de los habitantes. La metodología utilizada para la investigación cualitativa, consistió en la revisión y análisis de documentos y conceptos, observación directa e información de los responsables de las zonas visitadas; como la interpretación fotográfica, para su ejemplificación de las características propias del lugar.

Áreas verdes, Amalúcan, Flor del Bosque

Abstract

This brief addresses the deterioration of the environment from urban bad practices and the lack of vigilance in the application of existing regulations. We will start with the definition of basic concepts, statistical and graphic analysis of Cerro de Amalúcan within the city of Puebla and the General Lázaro Cárdenas Protected Area better known as Flor del Bosque Ecological Park and will finally be concluded with a brief reflection that points to the sustainability of the aelie medium, all these green areas have lost their function because of the social phenomena to which they have undergone through time and the settlements of society, which these are very irregular, diverse, which when seeing are d and a very specific marginalization, green areas are necessary for optimal development of society why action that allows us to rescue these areas must be rethought, as they are the means for the benefit of the inhabitants. The methodology used for qualitative research consisted of the review and analysis of documents and concepts, direct observation and information of those responsible for the visited areas; such as photographic interpretation, for its exemplification of the characteristics of the place.

Green Areas, Amalúcan, Forest Blossom

Introducción

Las áreas naturales que se encuentran tanto dentro como fuera de las ciudades son parte de un ecosistema del que formamos parte, aun cuando hemos transformado esos ecosistemas naturales para su adaptación a las necesidades sociales y económicas de la población, este tipo de zonas que debieran ser protegidas, mantenidas y cuidadas son, por el contrario, reducidas cada vez más hasta desaparecer áreas completas sin una remota posibilidad de una pronta recuperación, aun cuando la misma reglamentación exige que cuando se invada algún área natural esta deberá ser remplazada de alguna manera para conservar las áreas verdes. Es importante que tanto la reglamentación así como las políticas aplicadas sean adecuadas y se adapten a las necesidades de estas zonas naturales que son parte importante de nuestro hábitat e indispensables para la vida en general.

Definición de conceptos básico

Para poder adentrarnos en el tema es importante definir primeramente los conceptos básicos para la mejor comprensión del tema. Comenzaremos por la cuestión de las áreas o espacios verdes, que para efectos de este escrito se consideraran sinónimos.

Los espacios verdes, son considerados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como imprescindibles por los beneficios que reportan en nuestro bienestar físico y emocional contribuyendo a mitigar el deterioro urbanístico de la ciudad, haciéndolas más habitables y saludables.¹

¹ <http://193.146.56.6/NR/rdonlyres/85E9F342-C393-4F9C-BC7F-445551A37677/3464/Superficiedezonasverdesurbanaspohabitante1.pdf>

Estos espacios como lo menciona el párrafo anterior son importantes para la ciudades y la calidad de vida de las personas dentro de estos asentamientos que debido a una mala planeación tienden a consumir de manera desmedida áreas importantes e indispensables para la vida cotidiana.

México es uno de los países con mayor biodiversidad en el planeta, y una gran parte de esa biodiversidad depende de los bosques y selvas. Esa riqueza natural ha tenido una expresión en el terreno cultural, donde múltiples culturas han creado formas sociales, culturales y artísticas en torno a este ecosistema. Hoy, esto está en riesgo. La deforestación conlleva una drástica disminución en el suministro de agua a escala local y nacional. Asimismo, rompe el equilibrio climático a nivel regional e incluso planetario, lo cual exacerba la amenaza que representa el cambio climático global.²

Debido a la gran biodiversidad dentro de el país, es importante mantener áreas para su conservación y cuidado, ya que la ciudades en general han mermado de manera importante a lo largo de su crecimiento áreas realmente importantes tanto para la flora como para la fauna, todo lo anterior ha hecho “víctima” al entorno natural de la mala planificación y la poca voluntad política de la conservación de estos espacios verdes, como se nos menciona en el siguiente párrafo:

En México, la principal causa de deforestación es el cambio de uso de suelo para convertir los bosques en potreros o campos de cultivo. Esa práctica ha sido fomentada por todos los niveles de gobierno, que sólo han visto los bosques y las selvas como terrenos ociosos, sin poder entender sus múltiples beneficios ni su carácter vital. Una serie de incentivos perversos brindados por el gobierno ha propiciado que la gente corte sus bosques a cambio de recursos económicos. Otro factor que atenta contra los bosques es la tala ilegal, un problema grave en nuestro país pues se estima que el 70% del mercado nacional de madera tiene procedencia ilegal.

Las políticas públicas actuales son bastante limitadas en asuntos de medio ambiente, aun cuando la concientización tenga un papel importante la sustentabilidad es una cuestión que depende de diversos factores que para llevarse a cabo tanto de la dinámica entre estos factores así como de su interrelación.

La Real Academia Española nos define víctima de la siguiente manera:

Víctima. (Del lat. *vīctima*). **1.** f. Persona o animal sacrificado o destinado al sacrificio. **2.** f. Persona que se expone u ofrece a un grave riesgo en obsequio de otra. **3.** f. Persona que padece daño por culpa ajena o por causa fortuita. **4.** f. Persona que muere por culpa ajena o por accidente fortuito.³

A partir de esta definición, tenemos que el término se aplica principalmente a personas y en menor medida a animales, en este caso hablamos de áreas verdes que aun cuando no es una persona ni un animal podemos considerarla como “víctima” cuando se le condena al sacrificio o cuando sufre un daño. Y desgraciadamente, en este sentido muchos lugares y recursos naturales son diezmados, dañados, sacrificados por el ser humano; serían así víctimas de la humanidad.

Debido a lo anterior y para los fines de este escrito se han considerado dentro del municipio de Puebla dos zonas que están consideradas como áreas protegidas, siendo el cerro de Amalucan y El parque Ecológico de Flor del Bosque “General Lázaro Cárdenas”.

Ubicación del sitio

Dentro de este apartado ubicaremos la zona del Cerro de Amalucan dentro de la ciudad de Puebla y parte del Parque Ecológico Flor del Bosque dentro del Municipio de Puebla.

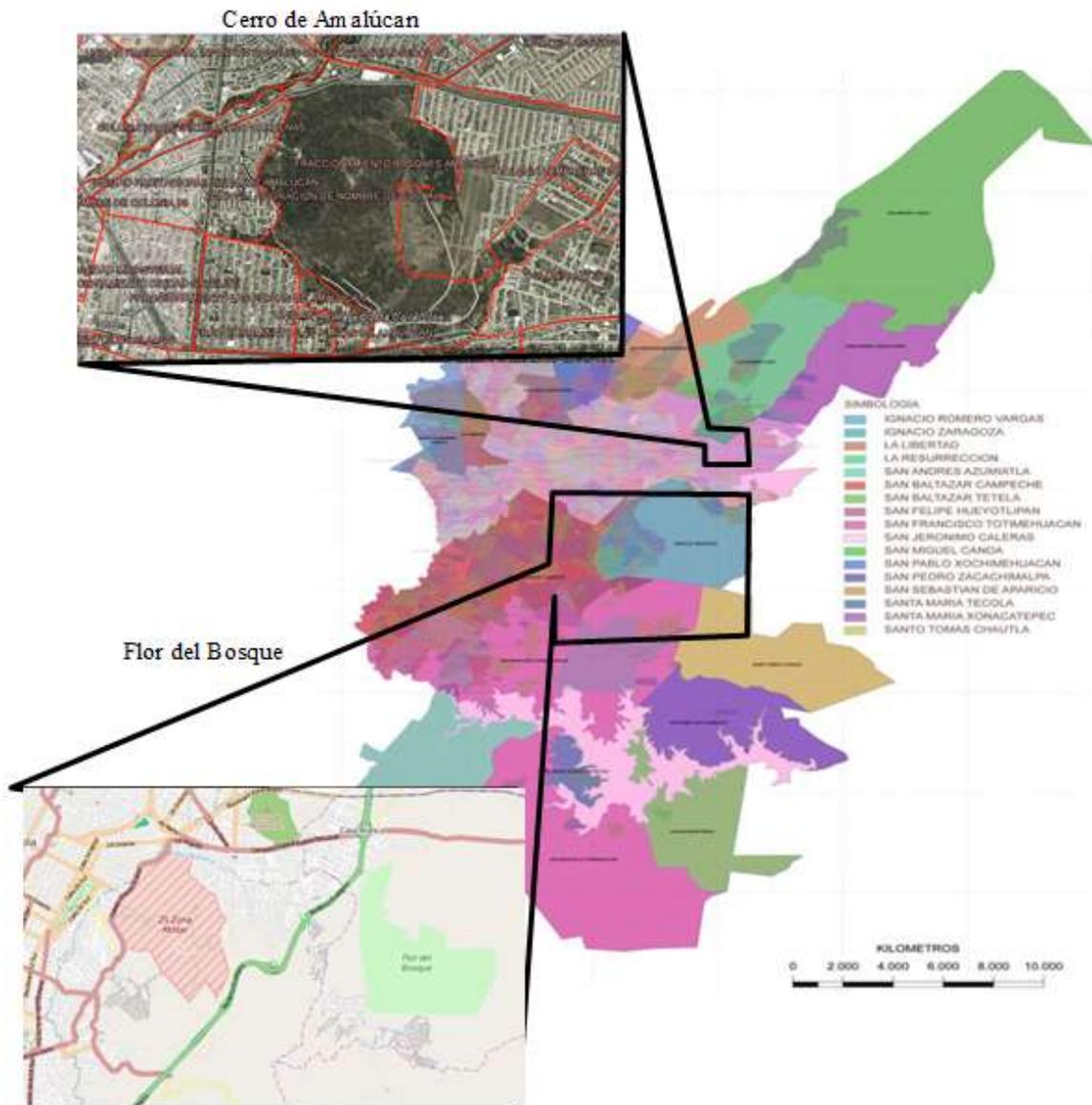
El cerro de Amalucan se ubica al noreste de la ciudad de Puebla, dentro de la zona centro de la ciudad de Puebla, entre las colonias al norte fraccionamiento Bosques de San Sebastián, al este fraccionamiento Bosques Amalucan oeste Infonavit Amalucan, al sur Unidad Habitacional Militar y al oeste unidad habitacional Infonavit Amalucan.

² <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Bosques/La-deforestacion-y-sus-causas/>

³ *Real academia española*. [pagina web en línea]. < <http://lema.rae.es/drae/?val=victima>>. [consultado el 14 de junio de 2014].

Por otro lado tenemos el área del Parque Ecológico Flor del Bosque “General Lázaro Cárdenas” se encuentra al Este de la ciudad de Puebla en el Municipio de Amozóc de Mota, las ubicaciones anteriores podemos observarlas en las siguientes imágenes:

Figura 5.1 Mapa: Juntas auxiliares del municipio de Puebla y fotografías del cerro de Amalucan y el Parque Flor del Bosque año 2010



Fuente: INEGI. Imagen satelital. México. 2001 y 2012. <www.INEGI.org.mx>. Juntas auxiliares del municipio de Puebla. Esc: 1:20.000.000. <http://www.pueblacapital.gob.mx/juntas-auxiliares>. Color

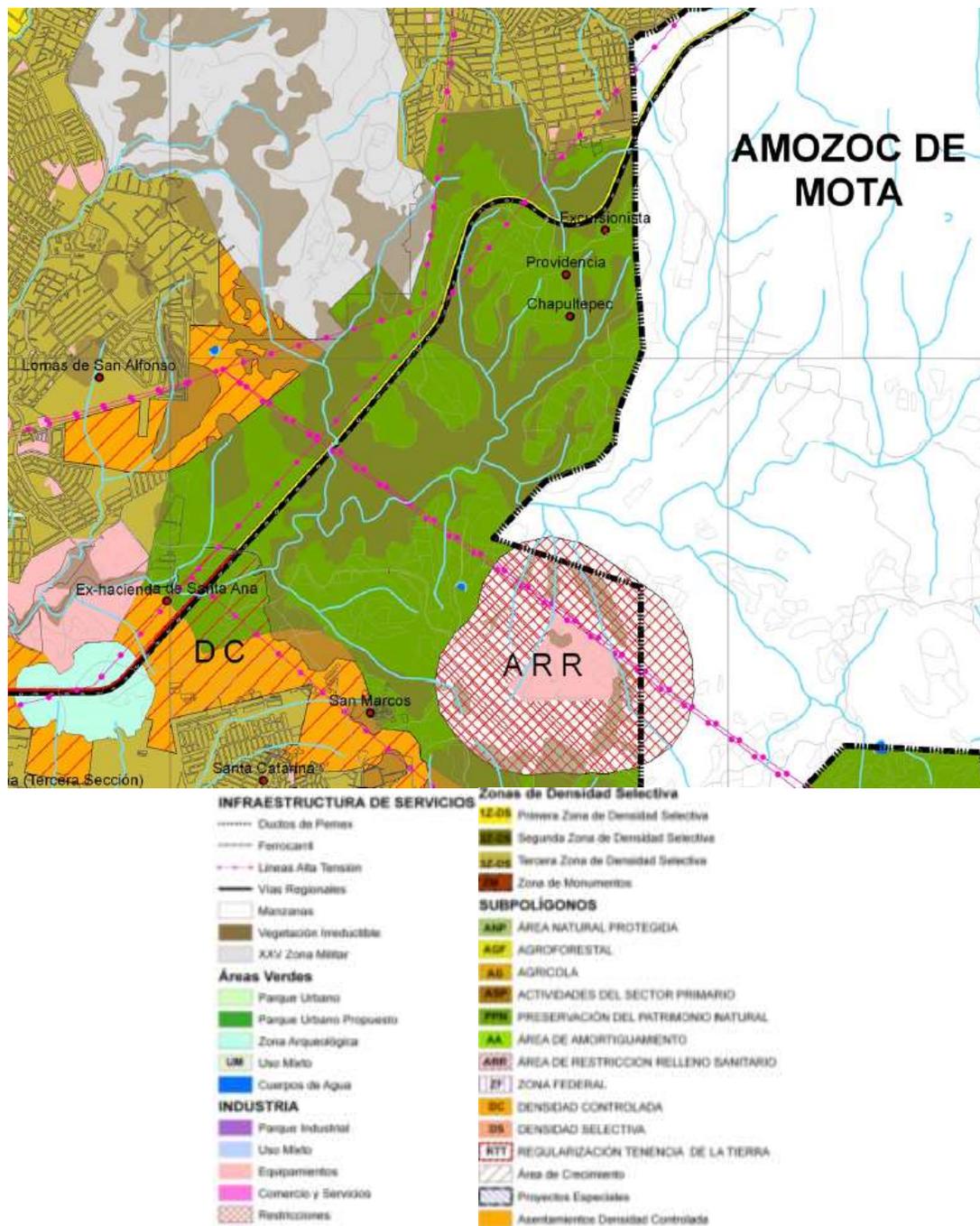
Conforme la ubicación anterior, en las siguientes imágenes tenemos los usos de suelo de estas zonas marcados en la carta urbana del Municipio de Puebla del año 2007, que es la que actualmente sigue vigente sin una actualización al año 2014.

Figura 5.2 Extracción de la carta urbana 2007 de la zona del Cerro de Amalúcan



Fuente: Programa municipal de desarrollo urbano sustentable de Puebla. *Carta urbana de Puebla*. Esc: 1:45000. México, Puebla. Marzo 2007. Color

Figura 5.3 Extracción de la carta urbana 2007 de la zona cercana al Parque Ecológico Flor del Bosque

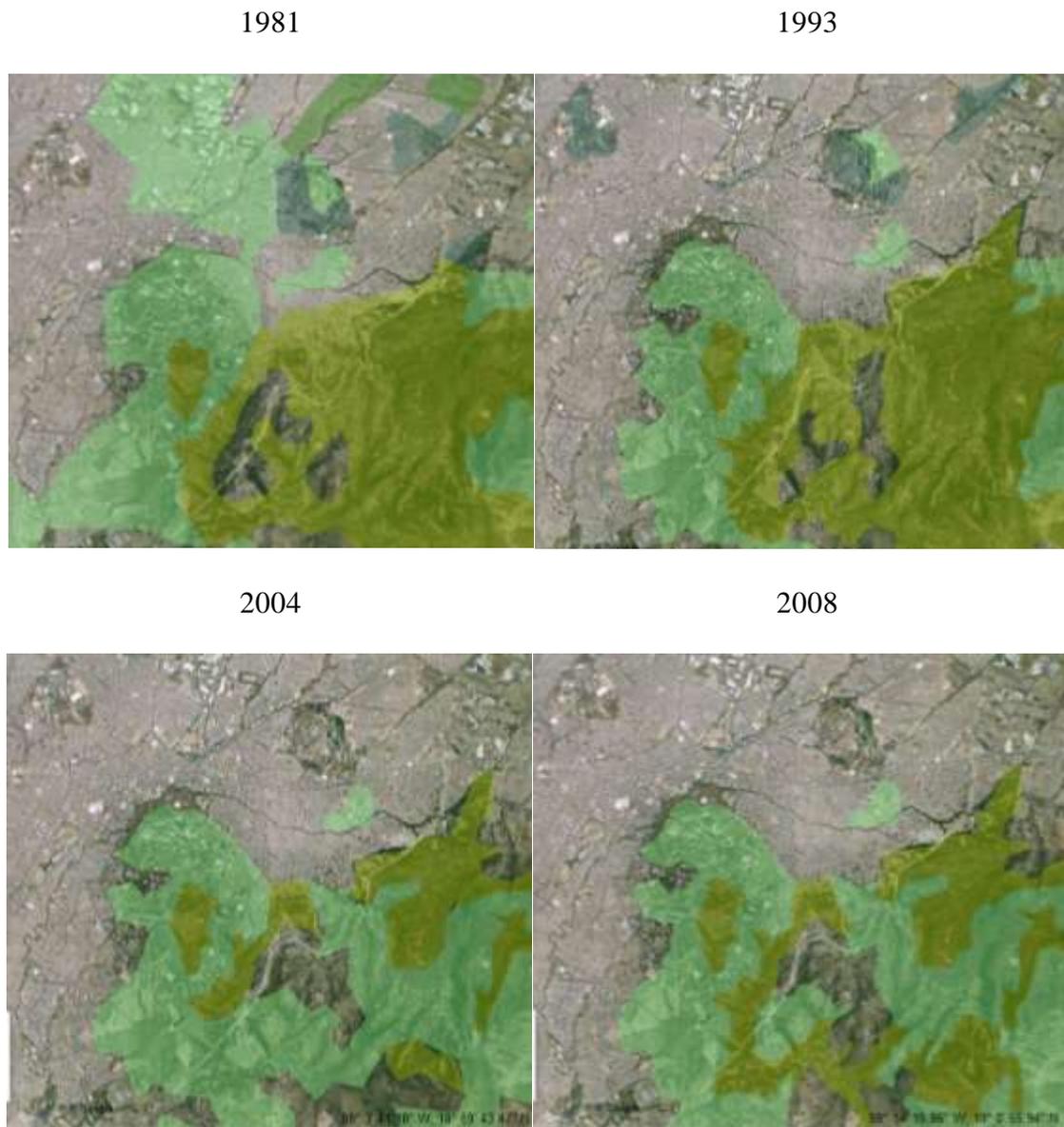


Fuente: Programa municipal de desarrollo urbano sustentable de Puebla. Carta urbana de Puebla. Esc: 1:45000. México, Puebla. Marzo 2007. Color

Análisis Del Sitio

Para conocer como a lo largo del periodo entre 1981 y 2011 las zonas naturales protegidas y de importancia se han ido modificando, a continuación se muestran imágenes satelitales con información de INEGI donde observan los cambios de uso de suelo y la reducción de vegetación dentro de las zonas tanto del Cerro de Amalúcan así como del Parque Flor del Bosque con su respectiva simbología para la interpretación de las fotos.

Figura 5.4 Parque Ecológico Flor del Bosque "General Lázaro Cárdenas"



Fuente: INEGI. Imagen satelital. Usos de suelo y vegetación. México. <[www. INEGI.org.mx](http://www.INEGI.org.mx)>.

La reducción de áreas naturales ha ido disminuyendo de manera alarmante ya que tan solo de 1993 a 2004 en la zona natural protegida cercana a Flor del Bosque, y dentro de la misma el bosque de encino se redujo de manera dramática en tan solo diez años.

Por otra parte el cerro de Amalúcan también siendo una zona protegida tenemos que de 1993 a 2003 el cambio de uso de suelo es más que evidente, ya que en 1993 aun se considera la vegetación que se tiene sin embargo para 2003 el uso de suelo como vegetación ya no está marcado.

Normatividad para áreas naturales protegidas

A continuación se muestran algunos de los artículos más importantes dentro de las normatividades, tanto a nivel federal, estatal y municipal en cuestión de áreas protegidas, parques y jardines.

Acorde al *Código penal federal*, tenemos los siguientes artículos relacionados con el tema:

Título vigésimo quinto. Delitos contra el ambiente y la gestión ambiental

V... Se considerarán víctimas con derecho a solicitar la reparación o compensación del daño ambiental y coadyuvar en el proceso penal, a las personas legitimadas en términos de lo dispuesto por la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.

Artículo 418.- Se impondrá pena de seis meses a nueve años de prisión y por equivalente de cien a tres mil días multa, siempre que dichas actividades no se realicen en zonas urbanas, al que ilícitamente:

- I.** Desmonte o destruya la vegetación natural;
- II.** Corte, arranque, derribe o tale algún o algunos árboles, o
- III.** Cambie el uso del suelo forestal.⁴

A nivel federal tenemos que acorde a *Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente* los artículos relacionados al tema que son los siguientes:

ARTÍCULO 7o.- Corresponden a los Estados, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y las leyes locales en la materia, las siguientes facultades:

V.- El establecimiento, regulación, administración y vigilancia de las áreas naturales protegidas previstas en la legislación local, con la participación de los gobiernos municipales;...⁵

Dentro de la normatividad a nivel estatal tenemos la **“DECLARATORIA de utilidad pública y beneficio social, para la creación del parque ecológico recreativo "General Lázaro Cárdenas " en el predio denominado "Flor del Bosque", del municipio de Amozoc, Puebla” con fecha 24 de diciembre de 1985 dentro de la cual se nos señala como zonas protegidas:**

Parque Ecológico Flor del Bosque "General Lázaro Cárdenas"

Entre los paralelos: 19° 00' 00" y 19° 01' 59" de latitud Norte y entre los meridianos 98° 20' 35" y 98° 20' 53" de longitud Oeste, con una altitud máxima de 2400 m. s. n. m. como cota superior y de 2225 m. s. n. m. como cota inferior.

Cerro de Amalucan:

Entre los paralelos: 19° 02' 36" y 19° 03' 11" de latitud Norte, y entre los meridianos 98° 08' 10" y 98° 08' 25" de longitud Oeste, y una altitud de 2300 m. s. n. m. como cota superior y de 2200 m. s. n. m. como cota inferior.⁶

⁴ *Código penal federal*. México, 1931. Pp. 113.

⁵ Ley General de equilibrio ecológico y Protección al medio ambiente. México, 1988. [Documento en línea]. En <<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf>>.

⁶ Instituto Nacional de Ecología. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/360/pue.html>

A nivel municipal tenemos el *Código Reglamentario para el Municipio de Puebla* con los siguientes apartados en relación al tema que se maneja en este escrito:

De los parques y jardines

Artículo 1763.- Los inmuebles de propiedad municipal que sean destinados como plazas, parques, jardines, camellones, glorietas, no podrán cambiar su uso, sino mediante Acuerdo de Cabildo, en el que invariablemente deberán informar la forma en que remplazaran el área suprimida, por una superficie igual o mayor para destinarla a áreas verdes.

Conforme a la reglamentación podemos observar que la invasión y eliminación de zonas naturales protegidas, constituye un delito, con la información mostrada anteriormente podemos observar que la reglamentación no se está cumpliendo por tanto se ha hecho “víctimas” a estas áreas naturales.

Conclusiones

En la actualidad voltear a ver los temas relacionados con la parte natural, es un tema que ha ido creciendo debido a que en los últimos años investigaciones relacionadas con el tema concluyen que estos espacios son de beneficio incalculable para la sociedad en general. Debió a lo anterior es indispensable contar con estas áreas y no solo como parte de uso de suelo, sino también darles el mantenimiento y cuidado necesario para su preservación.

El caso del cerro de Amalúcan y el Parque Estatal Flor del bosque que se presenta en el escrito, es el claro ejemplo de cómo las políticas públicas han dejado de lado este importante tema, aun cuando exista un decreto como tal que protege estas zonas, cada vez más se han alejado más del uso que les corresponde, y privando a los ciudadanos de estas importantes áreas indispensables para un desarrollo tanto físico como mental dentro de un área urbana.

Referencias

- <http://193.146.56.6/NR/rdonlyres/85E9F342-C393-4F9C-BC7F-445551A37677/3464/Superficiedezon asverdesurbanasporhabitante1.pdf>
- <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Bosques/La-deforestacion-y-sus-causas/>
- Real academia española*. [pagina web en línea]. < <http://lema.rae.es/drae/?val=victima>>. [consultado el 14 de junio de 2014].
- INEGI. *Imagen satelital*. México. 2001 y 2012. <[www. INEGI.org.mx](http://www.inegi.org.mx)>. *Juntas auxiliares del municipio de Puebla*. Esc: 1:20.000.000. <http://www.pueblacapital.gob.mx/juntas-auxiliares>. Color. Programa municipal de desarrollo urbano sustentable de Puebla. *Carta urbana de Puebla*. Esc: 1:45000. México, Puebla. Marzo 2007. Color
- INEGI. *Imagen satelital*. Usos de suelo y vegetación. México. <[www. INEGI.org.mx](http://www.inegi.org.mx)>.
- Código penal federal*. México, 1931. Pp. 113.
- Ley General de equilibrio ecológico y Protección al medio ambiente. México, 1988. [Documento en línea]. En < <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf>>.
- Instituto Nacional de Ecología. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/360/pue.html>
- Observatorio de sostenibilidad en España. “Sostenibilidad local una aproximación urbana y rural” [Documento en línea]. Disponible en: <<http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0536537.pdf>>. [Donsultado el 18 de Noviembre].
- Cámara de diputados del H. Congreso de la unión. *Código penal federal*. [Documento en línea]. http://www.normateca.gob.mx/Archivos/66_D_3574_05-11-2013.pdf. México, 1931. [Consultado 06 de junio 2014].

Periódico oficial del Estado de Puebla. *Código Reglamentario para el Municipio de Puebla*. [Documento en línea]. México. 2004. <<http://docs.mexico.justia.com.s3.amazonaws.com/estatales/puebla/codigo-reglamentario-para-el-municipio-de-puebla-con-reformas-hasta-el-25-may-09-del-periodico-oficial.pdf>. > [Consultado el 14 de julio de 2014].

Adaptando y adoptando alimentos funcionales tradicionales mexicanos

Adapting and adopting Mexican traditional functional foods

NILA-MENDEZ, Alejandro G.†*, SANCHEZ-MUNDO, Maria de la Luz, GABINO-ROMAN, Francisco Javier y HERNANDEZ-DOMINGUEZ, Elizabeta

Instituto Tecnológico Superior de Acayucan. Departamento de Ingeniería Química. Carretera Costera del Golfo km. 216.4, Colonia Agrícola Michapa, 96100 Acayucan, Ver.

ID 1^{er} Autor: *Alejandro G., Nila-Mendez* / **ORC ID:** 0000-0002-1870-6453, **Researcher ID Thomson:** F-7392-2019, **CVU CONACYT ID:** 74668

ID 1^{er} Coautor: *María de la Luz, Sanchez-Mundo* / **ORC ID:** 0000-0001-9065-5681, **Researcher ID Thomson:** F-7408-2019, **CVU CONACYT ID:** 217805

ID 2^{do} Coautor: *Francisco Javier, Gabino-Roman* / **ORC ID:** 0000-0002-0640-2006, **Researcher ID Thomson:** P-8380-2019, **CVU CONACYT ID:** 36416

ID 3^{er} Coautor: *Elizabeta, Hernandez-Dominguez* / **ORC ID:** 0000-0001-7492-3690, **Researcher ID Thomson:** F-7395-2019, **CVU CONACYT ID:** 84003

A. Nila, M. Sánchez, F. Gabino, E. Hernández

alejandro.nilamendez@gmail.com

J. Olives (Dr.). Ciencias biológicas y químicas. Proceedings-©ECORFAN-Mexico, 2019.

Abstract

In both developed and developing countries, trends have now been marked towards an organic-oriented, and/or natural, awareness-driven diet. Looking for these foods to deploy high energy content and other nutritional properties such as phytochemicals, probiotics, prebiotics and bioactive peptides that benefit human health, it should be mentioned that they are known as functional foods, described in this review. In Mexico, a country with a recognized gastronomic diversity and richness, which exists since the prehispanic period, traditional foods with high potential to be considered as functional foods. Whose ingredients include in their recipes, for example: maize, cocoa, rice, cinnamon, achiote, pepper, fruit juices of unique plant species (nopal), fermented beverages with the presence of beneficial microorganisms (lactic acid bacteria and yeasts). These prehispanic foods and beverages: the pozol, colonche, tepache, pulque, sambumbia, popo, axokot, bate, bupu, kefir, honey of from stingless bees (*Meliponas* sp.) among others. That benefit the microbiome of the digestive tract. Because of these properties that in some have been studied and characterized. However, these traditional foods attached to our culture are at a stage of disuse and in danger of disappearing, because the new generations have no interest in knowing them, prepare them and/or consume them.

Traditional fermented beverage, Microorganisms, Microbiome

Introducción

Las sociedades actuales en países industrializados definen su alimentación directamente con su ingreso *per cápita*. Sociedades cuyos individuos tienen un Producto Nacional Bruto (PNB) *per cápita* entre 15,000.00 y 20,000.00 dólares anuales o superiores tienen una conciencia de la alimentación diferente a otras sociedades. En estas sociedades se está observando una preocupación por el valor nutricional de los alimentos que consume, así como su posible beneficio a su salud. Del mismo modo requiere que sus alimentos sean preparados en menos tiempo por lo que están atentas a diferentes variedades y marcas de productos que ofrezcan una reducción en el tiempo de elaboración: alimentos precocinados, productos precongelados y alimentos básicos empacados (Torres-Torres, 1997).

Si bien la conciencia de una mejor salud a través de una mejor alimentación ha ido mejorando en los últimos años, la alimentación en países industrializados, y sobre todo en los países en vías de desarrollo, ha presentado eventos no deseados debido al sobreconsumo de alimentos baratos y de alto contenido energético.

En países donde el PNB *per capita* es cercano a los 3000 dólares anuales, se observa en un porcentaje de la población malnutrida pero no por escasez de alimentos; sino por sobrepeso, el cual está relacionado con diabetes tipo II, enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (Hossain *et al.*, 2007). Estos eventos adversos han ido creciendo rápidamente; por ejemplo, la diabetes se está posicionando como un problema de salud mundial emergente que puede llegar a nivel de pandemia, pues se estima que para el 2030 puede haber 336 millones de casos (Wild *et al.*, 2004).

De acuerdo al Fondo Monetario Internacional (FMI), en 2018, el PNB *per cápita* estimado en México fue de 9,807.44 dólares, lo que lo posiciona en el lugar 70 de 193 economías mundiales (World Economic Outlook Database, April 2019, IMF). En esta economía intermedia se observan muchas bondades de auge y crecimiento en los hábitos alimenticios de acuerdo a lo descrito anteriormente. Sin embargo, los eventos adversos a una mala alimentación también se están dejando observar. Por ejemplo, la diabetes en México se ha posicionado como la principal causa de muerte en mujeres y la segunda entre los hombres además de ser la causa principal de retiro por invalidez de trabajo (Rull *et al.*, 2005). Se estima que para el 2025, habrá cerca de 11.7 millones de mexicanos con esta enfermedad (King *et al.*, 1998).

La toma de conciencia para obtener hábitos alimenticios que ayuden nuestra salud o que al menos no la mermen debería ser considerada de importancia trascendental, sobre todo en los países en vías de desarrollo. No es deseable que el porcentaje de contribución calórica de un individuo provenga de un incremento en su consumo de grasas, cerca del 33% en países como México (Aguilar-Salinas, 1999). Diversos sectores como salud y educación deberían concientizar y fomentar una cultura de una apropiada nutrición.

Por otro lado, la industria alimentaria debe adaptarse (y de hecho lo está haciendo) para generar productos que perfilen en los hábitos alimenticios de ambientes urbanos así como un cambio en la formulación de los alimentos, pues la sociedad va exigiendo productos con mayor calidad o con demandas específicas, por ejemplos, leche disminuida en lactosa, bebidas y complementos alimenticios reducidos en sacarosa, harinas libres de gluten, fermentos lácticos con elevado contenido de probióticos, etc.

Los hábitos alimenticios apropiados requieren de alimentos que posean un alto valor nutricional dado que contienen aportes adecuadamente proporcionados de carbohidratos, lípidos y proteína. Dado que las formas de alimentación principalmente en ambientes urbanos han cambiado, la industria alimentaria debe generar productos alimenticios que estén a la par de una buena alimentación (Aguilar-Piña, 2013). Lo anterior abre áreas de oportunidades para la generación de alimentos y/o bebidas con estas características y no solo eso; abre la posibilidad de generar alimentos que además de su valor nutricional contengan uno o más componentes que afecten una o un número limitado de funciones en el organismo en una forma que ocasionen efectos positivos en la salud tanto a nivel psicológico como fisiológico. Estos últimos adquieren la denominación de alimentos funcionales y, en un sentido más amplio, pueden considerarse alimentos funcionales (Roberfroid, 2000).

La búsqueda de alimentos funcionales no sólo debe recaer en la industria alimentaria. Las tendencias alimentarias a nivel familiar, donde uno varios integrantes generan los alimentos, también deben dirigirse a este fin. Ciertamente, se debería revalorar los alimentos para continuar y mejorar los que por tradición han estado y siguen en nuestras dietas y para reincorporar aquéllos que erróneamente han caído en desuso. Antes de una abrumadora industrialización, en los hogares y pequeños negocios se generaban alimentos con grandes características funcionales. Quizá sea tiempo de retomar las técnicas de la biotecnología de primera generación para la elaboración de alimentos con mejores características a los ofrecidos industrialmente y, a la par, demandar a la industria alimentaria la innovación de productos alimenticios con mejores características nutritivas y nutraceuticas.

Existe en México una gran variedad de alimentos y bebidas con potencial funcional. Muchos de ellos, ya han caído en desuso como los panes de masa agria o el vinagre y otros sólo encuentran su consumo a nivel regional; por ejemplo, el pozol y el popo. Aquí presentamos, primeramente, una breve información sobre las tendencias en alimentos funcionales que repercuten o podrían repercutir en la innovación de alimentos tradicionales en México. En segundo lugar, realizamos un recuento de alimentos y bebidas en México con un potencial uso funcional y nutrimental. Si bien la lista no es exhaustiva, deja una visión del potencial alimentario que poseemos para impulsar el hábito de la buena alimentación, tanto a nivel familiar como a nivel industrial.

Tendencias de los alimentos funcionales

Existe una gran variedad de alimentos funcionales los cuales se caracterizan por tener, además de su aporte nutricional, uno o más elementos nutraceuticos. Los elementos nutraceuticos que mencionamos en este apartado serán los fitoquímicos, los probióticos, los prebióticos y los péptidos bioactivos.

Fitoquímicos

Los fitoquímicos sustancias bioactivas no nutritivas que se encuentran en las plantas, en cualquiera de sus partes o formas; por ejemplos, semillas, granos, raíces, frutos o legumbres y vegetales (Septembre-Malaterre *et al.*, 2017). Al ser nominadas como sustancias revela su naturaleza química y su acción bioactiva se debe a su potencial efecto benéfico (nutraceutico) en el consumidor. La cantidad conocida y estudiada de fitoquímicos es grande (más de 5000), pero sin duda es una lista que se extenderá con más novedosos componentes fitoquímicos con el devenir de los años. De acuerdo a Altemimi *et al* (2017) aproximadamente sólo el 20% de las plantas conocidas han sido estudiadas es estudios farmacéuticos.

A nivel molecular, los fitoquímicos son de naturaleza fenólica y su característica bioactiva se debe a su poder antioxidante, de aquí su gran importancia. Un desajuste o estrés en el metabolismo puede ocasionar un desbalance en la producción de radicales libres, ya sea como Especies de Oxígeno Reactivas (ROS por sus siglas en Inglés) o como Especies de Nitrógeno Reactivas (RNS).

Un desequilibrio en el sistema ROS/RNS está ligado a muchas enfermedades en el ser humano tales como cáncer, enfermedades cardiovasculares, aterosclerosis, hipertensión, diabetes mellitus, enfermedades neurodegenerativas (Alzheimer y Parkinson), artritis reumatoide y envejecimiento (Valko *et al.*, 2007; Poprac *et al.*, 2017). De acuerdo a algunos estudios epidemiológicos, el empleo de antioxidantes de origen vegetal, que se manifiesta en una dieta rica en el consumo de frutas y vegetales, minimiza los daños causados por un desequilibrio en el sistema ROS (Neuhouser, 2004; Arts & Hollman, 2005). Estructuralmente, los compuestos fitoquímicos fenólicos pueden clasificarse en cinco grandes familias: ácidos fenólicos, flavonoides, lignanos, estilbenos y curcuminoides.

Existe una gran variedad de fitoquímicos analizados en la literatura que escapa los alcances de esta revisión. Por ejemplo, una porción de chocolate, que contiene el antioxidante flavonoide procianidina, provee de mayor cantidad de este fitoquímico que una porción de vino tinto, jugo de arándano o de manzana. Estudios *in vitro* e *in vivo* han demostrado la capacidad de la procianidina, en diferentes formas oligoméricas, para remover moléculas tipo ROS, modular la función inmunológica y la activación de plaquetas (Hammerstone, 2000). Otro ejemplo de una gran variedad de fitoquímicos los encontramos en diversos órganos de la anona (*Annona muricata*). Estudios etnobotánicos han reportado el uso de diversas partes de la anona para el tratamiento de fiebres, malestares respiratorios, malaria, problemas gastrointestinales, modulación hipoglicémica y el tratamiento de cáncer (Coria-Téllez *et al.*, 2018).

Si bien la información que tenemos de los fitoquímicos es muy amplia y muy prometedora, los verdaderos éxitos en elevar la calidad de vida del ser humano se darán, por una parte, en los mismos hábitos alimenticios que adopten los individuos, seleccionando los alimentos adecuados en la cantidad apropiada y, por otra parte, generando alimentos funcionales que adicione fitoquímicos como suplementos en una posología correcta e inocua, pues no se debe de olvidar que hay fitoquímicos de naturaleza tóxica para el hombre y cuyo empleo radica en otros usos como insecticidas o parasitidas, como el caso algunos componentes de la anona.

Probióticos

Durante el proceso de fermentación de unos alimentos, la carga microbiana crece en cantidad y calidad, generando subproductos que mejoran la calidad del alimento; ya sea porque prolongan la vida de anaquel o por que mejoran las características organolépticas del producto final, entre otras características. Existe una gran variedad de alimentos que surgen de procesos fermentativos tradicionales (biotecnología de primera generación) como el pozol (Nuraida *et al.*, 1995), el pulque (Escalante *et al.*, 2016), los panes de masa agria (Saeed *et al.*, 2014), el kéfir de leche (Bengoa *et al.*, 2018), el chucrut (Zabat *et al.*, 2018), etc.

En el mundo se cuenta con una gran variedad de alimentos fermentados que poseen microorganismos benéficos al ser humano. Dependiendo del tipo de fermentado, se adquiere o favorece un determinado número de especies microbianas, pero para que estas sean consideradas como prebióticos deben cumplir con el requisito de incorporarse al microbioma del tracto digestivo del ser humano y ocasionar aspectos benéficos en la salud del huésped. Entre los microorganismos más conocidos como probióticos se encuentran varias especies de levaduras, bacterias ácido lácticas (BAL) y bifidobacterias.

Existen varios reportes sobre el porte nutracéuticos que ocasionan los probióticos en el ser humano siendo el más estudiado la prevención de infecciones gastrointestinales; sin embargo, más información se ha generado y se conoce que los probióticos pueden intervenir en el alivio a la intolerancia a la lactosa, la mejora del sistema inmunológico, el decremento de enzimas fecales y la mutagenicidad así como ocasionar un efecto hipocolesterolémico en el huésped (Roberfroid, 2000).

Prebióticos

Como se mencionó anteriormente, un alimento es aquel material con aporte nutricional que consiste de carbohidratos, lípidos y/o proteína. Sin embargo, éste también contiene otros elementos no nutricionales que son necesarios para el bienestar del huésped, en particular, el ser humano. Entre los elementos no nutricionales que se pueden citar están una gran variedad de fitoquímicos, mencionados arriba, y la fibra.

La fibra al no ser digerible, permite acelerar el paso de los alimentos en el estómago e intestinos favoreciendo los procesos digestivos, entre una amplia gama de funciones. Si bien los seres humanos no tenemos la capacidad de catabolizar la fibra, cierto tipo de fibra (oligo y polímeros de carbohidratos complejos) puede ser degradada por las bacterias que residen en nuestro tracto intestinal y, como resultado de ello, el crecimiento y la actividad de dichas bacterias diana son estimulados; contribuyendo a la salud y el bienestar del ser humano, pues mantienen a la microflora sana y se generan sales de ácidos orgánicos de cadena corta como el butirato y propionato que ayudan a la salud y el bienestar del ser humano (Canani *et al.*, 2011; Hosseini *et al.*, 2011). Los compuestos que caen en este tipo de fibra se le conocen como prebióticos (Gibson & Roberfroid, 1995; Roberfroid 2007) y hasta el momento pocas moléculas caen en esta definición, pues se tiene que demostrar bajo experimentos *in vivo* la capacidad de estimular positivamente el microbioma del tracto digestivo y la generación de compuestos que beneficien al ser humano.

Los primeros prebióticos en definirse fueron las inulinas (Gibson & Roberfroid 1995), Químicamente, las inulinas son oligo y polisacáridos de la fructosa y forman parte de la fibra alimentaria. Su uso como compuestos capaces de modular selectivamente el microbioma del intestino en el ser humano ha sido revisado por varios autores (Roberfroid, 2007; Vandeputte *et al.*, 2017); así como sus efectos benéficos y sus posibilidades de uso en las industrias farmacéutica y alimentaria (Barclay *et al.*, 2010). Actualmente, se reconocen más tipos de fibra con capacidad prebiótica, entre ellos se pueden mencionar a los galactooligosacáridos (GOS) y xilooligosacáridos (XOS). Estudios recientes han demostrado a nivel molecular actividad pectinolítica de *Bacteroides xylanisolvens*, una bacteria simbiote que se encuentra en el tracto digestivo del ser humano. Los efectos benéficos que tiene *B. xylanisolvens* y su capacidad de catabolizar pectina hacen prometedor que la lista de prebióticos pueda extenderse aún más en los próximos años (Depres *et al.*, 2016).

Péptidos bioactivos

A las cadenas polipeptídicas (secuencias de aminoácidos) provenientes de hidrolizados proteicos, inactivos en el interior de la proteína precursora, y que cumplen una actividad biológica tras su liberación mediante hidrólisis química, enzimática o síntesis han sido denominadas como péptidos bioactivos (PB) (Mulero-Cánovas *et al.*, 2011; Shahidi & Zhong, 2008). Entre las propiedades estudiadas de estos polipeptidos podemos mencionar las antimicrobianas, inmunomoduladoras, exorfinas, antioxidantes, antihipercolesterolemias, antitrombóticas y antihipertensivas (Sharma *et al.*, 2011).

Existen diversas fuentes proteicas cuya hidrólisis generan PBs. De hecho, toda fuente de proteínas alimentarias es susceptible de aportar/generar péptidos bioactivos (Mulero-Cánovas *et al.*, 2011). Los tipos de fuentes proteicas alimentarias han sido divididos en convencionales y no convencionales. En el primer grupo encontramos a proteínas de origen animal (leche, suero de leche) y vegetal (soya, arroz, maíz y garbanzo) (Gallegos-Tintoré *et al.*, 2013). En el segundo grupo tenemos a las proteínas de origen vegetal tales como el amaranto (Tironi & Añón, 2010), colza (Bing-Zhang *et al.*, 2009), y piñón mexicano (Gallegos-Tintoré *et al.*, 2011). Además, dentro de este mismo grupo, fuentes proteicas alimentarias de animales de origen marino también han sido estudiadas (Udenigwe & Aluko, 2012).

Alimentos funcionales en México

La forma de cómo nos alimentamos es un proceso cultural y las materias primas para conseguirlo son las que están presentes en el entorno. De esta manera, a lo igual que en muchas partes del mundo, surgieron alimentos en el continente americano. Particularmente en Mesoamérica en época precolombina, los ingredientes más utilizados fueron el maíz, el aguamiel y diversas variedades de plantas de las que se obtuvieron chiles, nopales, tunas, flores comestibles, semillas de cacao etc. Los Ingredientes provenientes del reino animal también participaron y entre ellos encontramos una gran variedad de insectos como gusanos de maguey u hormigas. Cabe destacar que un proceso transcendental en el uso del maíz fue el proceso de nixtamalización, el cual consiste en un tratamiento de cocción térmico-alkalino de los granos de maíz. Bajo este proceso, el maíz adquiere características deseables para la elaboración de alimentos: se muele fácilmente para la elaboración de masa, su valor nutricional incrementa, se potencian sabores y aromas y se reducen la cantidad de micotoxinas presentes en los granos (Ochame *et al.*, 2010).

Del mismo modo, el maíz ofrece otro producto cuando es infectado por el hongo del huitlacoche (*Ustilago maydis*) del cual se están elucidando diversas propiedades nutraceuticas, además de su consumo debido a sus propiedades organolépticas (Juárez-Montiel *et al.*, 2011).

Con la llegada de los españoles, nuevos productos fueron traídos al continente y con ello se realizó un proceso de mestizaje en los alimentos. Productos como el azúcar de caña, trigo, leche de vaca, otros tipos de carne, etc. fueron incorporados. De la caña se obtuvo el azúcar (sacarosa), la cual tiene un alto poder edulcorante. Las plantas de donde se extrae el azúcar (diversas especies del género *Saccharum*) fueron introducidas por los españoles en América. Para la época de la encomienda, surgieron trapiches azucareros en la Nueva España, siendo el de Tlaltenango uno de los primeros en funcionar entre 1535 y 1645. Si bien desde el punto de vista gastronómico la sacarosa es un elemento altamente cotizado, desde el punto de vista nutricional no lo es tanto, pues su consumo en exceso propicia una serie de condiciones poco deseadas. Previo al uso del azúcar, en épocas precolombinas, la forma de endulzar algunos productos fue mediante el uso de miel de abejas sin aguijón (meliponas) como la abeja xuan kab (*Melipona beecheii*). Esta abeja fue propagada en la península del Yucatán y su miel entra dentro del repertorio cultural de la cultura maya pues, además de usarse como edulcorante, es utilizada en prácticas rituales y medicinales. Tanto la miel de abejas meliponas como la de abejas con aguijón (México es productor de ambas mieles) poseen características nutraceuticas que le permiten la categoría de alimentos funcionales pues se ha reportado su uso quimioterapia y en el tratamiento de heridas e infecciones en los ojos, entre otros (Ajibola *et al.*, 2012; Mendes-dos Santos & Antonini, 2008).

Hoy en día, compilando nuestro pasado histórico, nos hace dar cuenta que México cuenta con una gran variedad de alimentos y bebidas que caen dentro del rubro funcional. Lamentablemente, hubo alimentos y bebidas que en vez de incorporarse a las nuevas formas de alimentación fueron limitándose a ciertas regiones, o desaparecieron o están punto de desaparecer. Por ejemplo, el pulque fue una bebida alcohólica con un alto potencial probiótico, cuyo consumo fue desplazado por la cerveza. Su consumo estuvo limitado a ciertas regiones del país y a ciertos lugares. Hoy en día, un rescate culinario y una nueva forma de pensar, en la que se observa la calidad nutricional y nutraceutica de los productos que se ofrecen en el mercado, están rescatando productos como el pulque.

Dentro de las bebidas funcionales, tanto técnicas e ingredientes prehispánicos se mezclaron con los mismos elementos traídos de Europa y de sus otras colonias. En muchas de ellas se encuentra más de un ingrediente funcional (probióticos, fitoquímicos, prebióticos, etc.).

En la Tabla 1 se muestran algunas bebidas con potencial funcional que pueden ser dadas a conocer en diferentes regiones nacionales e internacionales. Definitivamente, la lista de esta tabla no muestra todas las bebidas conocidas en México, sólo algunas de ellas; sin embargo, es una representación del potencial que México tiene para la generación de alimentos funcionales. No sólo eso, muchos de estas bebidas son coloides que proporcionan diversas texturas que hoy día están revolucionando la gastronomía; por ejemplo, las espumas. México es un gran conocedor de espumas como alimentos (Stross, 2011); incluso, se han generado instrumentos como el molinillo para hacer de la generación de espuma un proceso más eficiente (Holguín-Salas *et al.*, 2015).

De las bebidas que se muestran en la Tabla 1 se puede elucidar que la mayoría de ellas son fermentadas. De éstas, hay las poseen en su formulación maíz nixtamalizado (pozol) o cacao (popo). Algunas de ellas presentan una combinación de ambos elementos (tanchuca, tascalate y téjate). Otras son fermentos de otro tipo de ingredientes; por ejemplos, del aguamiel se produce el pulque, de la savia de coyol, la taberna y de la piña, el tepache. Hay bebidas que en sus formulaciones contienen partes de plantas con una gran variedad de fitoquímicos. Por ejemplo, la la rosita de cacao (*Quararibea funebris*) y mamey (*Pouteria sapota*), el jugo de la tuna cardona (*Opuntia streptacantha* Lem), el achiote (*Bixa orellana*) y las semillas de chíá (*Hyptis suaveolens*); ingredientes que se encuentran en las bebidas de téjate, colonche, tascalate y bate, respectivamente.

González-Amaro *et al* (2015) han demostrado que la riqueza en componentes químicos del téjate radica en la presencia de la semilla de mamey (pixtle) y de la rosita de cacao, aportando un mayor contenido en proteína, fibra y lípidos como aceites esenciales. Por su parte, el achiote contiene una serie de aceites solubles pertenecientes a los apocarotenoides; el más estudiado ha sido la bixina.

Este componente ha sido reportado como una de las moléculas más conocidas con capacidad de secuestrar Oxígeno molecular en estado excitado ($^1\text{O}_2$), así como radicales libres, lo que le confiere propiedades antioxidantes y, a la par, se le ha propuesto como una molécula anticancerígena (Rivera-Madrid *et al.*, 2016). Por otro lado, la tuna cardona pertenece a una variedad de tunas que se presentan en las opuntias, de las cuales México posee más del 90% en su territorio de las conocidas mundialmente.

Estudios fitoquímicos de las tunas de las opuntias han demostrado que poseen una gran variedad de compuestos flavonoides y betalaínas, con capacidad antioxidante; además, mediante estudios *in vitro* se ha demostrado que el jugo de estas tunas disminuye la viabilidad celular de líneas celulares cancerígenas de próstata (PC3), colon (Caco2) y de tejido hepático (HepG2) y mamario (MCF-7) (Chavez-Santoscoy *et al.*, 2009).

Finalmente, las semillas de chan/chía son una fuente importante de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs). La chía es rica principalmente en ácidos grasos omega-3 (ω 3); estos compuestos tienen propiedades nutracéuticas de gran importancia, pues se ha reportado que su uso baja la incidencia de enfermedades cardiovasculares.

Cabe destacar que los cultivos de chía en México durante la colonia fueron prohibidos y su empleo no estaba permitido por lo que la llevaron casi a la extinción. Lo anterior se debió a la competencia por tierras de labor por otros cultivos más lucrativos y por el uso de la chía en prácticas religiosas aztecas que los españoles no aprobaban (Sosa *et al.*, 2016).

Tabla 6.1 Algunas bebidas con potencial funcional en México

Bebida	Localidad ¹	Principales ingredientes	Referencias ²
Axokot	Norte de Puebla: Cuetzalan	maíz blanco y rojo, axocotxihuit, poxne, tzopelicxihuit, plátano	Sánchez-Dirzo <i>et al.</i> , 2010.
Bate	Colima y otras regiones centrales	Semillas de chan/chía (<i>Hyptis suaveolens</i> / <i>Salvia hispanica</i>)	Cabezas-Elizondo, 2016; Weber <i>et al.</i> , 1991.
Bupu	Istmo de Tehuantepec	Cacao, canela y pétalos de flores	Barros & Buenrostro, 2011.
Colonche	Región norte y central: Chihuahua, Sonora, Zacatecas, Querétaro, Guanajuato e Hidalgo	Jugo de tuna cardona (<i>Opuntia streptacantha</i> Lem) entre otras especies	Herrera, 2005; Herrera & Ulloa, 1981.
Popo	Sureste del país (Veracruz, Oaxaca)	cacao, azúcar ³ , canela, arroz, raíz (exudado) chupipi	Barros & Buenrostro, 2011.
Pozol	Sureste	Maíz nixtamalizado	Nuraida <i>et al.</i> , 1995.
Pulque	Región central	Aguamiel extraída de varias especies del género <i>Agave</i> (maguey).	Escalante <i>et al.</i> , 2004; Escalante <i>et al.</i> , 2016; González-Mesillas <i>et al.</i> , 2016.
Sambumbia	Estado de México, Ciudad de México	Arroz molido, canela, clavo, pimienta hoja de maíz, pulque; piloncillo.	Quintero-Salazar <i>et al.</i> , 2012.
Taberna	Región sureste: Chiapas	Savia del coyol (<i>Acrocomia aculeata</i> , <i>Acrocomia mexicana</i>)	Alcántara-Hernández <i>et al.</i> , 2010.
Tanchuca	Tabasco y península de Yucatán	Cacao (<i>Theobroma cacao</i>), maíz	Barros & Buenrostro, 2011.
Tascalate	Chiapas	maíz, cacao, azúcar, canela, achiote (Bixa orellana)	Corzo-Ríos <i>et al.</i> , 2015.
Tejate	Región Zapoteca de Oaxaca	Maíz nixtamalizado, cacao (<i>Theobroma cacao</i> y <i>Theobroma bicolor</i>), mamey (<i>Pouteria sapota</i>), rosita de cacao (<i>Quararibea funebris</i>) y azúcar	Sotelo <i>et al.</i> , 2012
Tepache	Distribuido en varias regiones de México, principalmente en el centro y sureste	Piña, azúcar sin refinar (morena)	Corona-González <i>et al.</i> , 2013; Lara-Hidalgo <i>et al.</i> , 2017
Tesguino y Tejuino	Región norte y noroeste: Chihuahua, Sonora, Nayarit y Jalisco	Maíz germinado o nixtamalizado, limones, piloncillo	Suela-Silva <i>et al.</i> , 2017
Tuba	Regiones costeras de los estados de Colima, Michoacán y Guerrero	Néctar de las inflorescencias de las palma de coco (<i>Cocos nucifera</i>)	de la Fuente-Salcido <i>et al.</i> , 2015

¹ La localidad puede tratarse de una región, un estado o municipio de México.

² La o las referencias seleccionadas para cada bebida la destacan como un alimento funcional ya sea por su calidad probiótica o componentes fitoquímicos que contiene.

³ La sacarosa, conocida comúnmente como azúcar, recibe diferentes nombres de acuerdo a su presentación y grado de refinación: azúcar blanca, azúcar morena, piloncillo, panela, etc.

Fuente: Elaboración propia

Agradecimiento

El autor agradece la colaboración de los Cuerpos Académicos UTSEV-CA-1 Recursos Naturales del Instituto Tecnológico Superior de Acayucan y ITESLCH-CA-1 Investigación-Tecnologías para la Educación y la Salud del Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas.

Referencias

Aguilar-Piña P. (2013). Cultura y alimentación. Aspectos fundamentales para una visión comprensiva de la alimentación humana. *An. Antropol.* 48: 11-31.

Aguilar-Salinas C.A. (1999). Promoción de la salud para la prevención de las enfermedades crónico-degenerativas vinculadas con la alimentación y el estilo de vida. En: *Salud Comunitaria y promoción de la salud*. Mariano García Viveros Ed. ICEPSS Editores. España. ISBN: 84-89151-17-2.

- Ajibola A., Chamunorwa J.P. & Erlwanger K.H. (2012). Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth. *Nutr. Metab.* 9: 1-12.
- Alcántara-Hernández R.J., Rodríguez-Álvarez J.A., Valenzuela-Encinas C., Gutiérrez-Miceli F.A., Castañón-González H., Marsch R., Ayora-Talavera T. & Dendooven L. (2010). The bacterial community in 'taberna' a traditional beverage of Southern Mexico. *Lett. Appl. Microbiol.* 51: 558-563.
- Altemimi A., Lakhssassi N., Baharlouei A., Watson D.G. & Lightfoot D.A. (2017). Phytochemicals: extraction, isolation, and identification of bioactive compounds from plant extracts. *Plants* 6: 1-23.
- Arts I.C. & Hollman P.C. (2005). Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 81: 317S–325S.
- Barclay T., Ginic-Markovic M., Cooper P. & Petrovsky N. (2010). Inulin – a versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses. *J. Excipients Food Chem.* 1: 27-50.
- Barros C. & Buenrostro M. (2011). Pozol, popo y champurrado. *Revista digital universitaria* 12: 1-9.
- Bengoa A.A., Iraporda C., Garrote G.L. & Abraham A.G. (2018). Kefir microorganisms: their role in grain assembly and health properties of fermented milk. *J. Appl. Microbiol.* 126: 686-700.
- Bing-Zhang S., Wang Z. & Ying-Xu S. (2009). Purification and characterization of a Radical scavenging peptide from rapeseed protein hydrolysates. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 86: 959-966.
- Cabezas-Elizondo, D.A. (2016). El tejuino, el bate y la tuba bebidas refrescantes: símbolos que perduran de generación en generación en el estado de Colima. *Razón y Palabra* 20: 92-105.
- Canani R.B., Di Costanzo M., Leone L., Pedata M., Meli R. & Calignano A. (2011). Potential beneficial effects of butyrate in intestinal and extraintestinal diseases. *World J. Gastroenterol.* 17: 1519–1528.
- Chavez-Santoscoy R.A., Gutierrez-Uribe J.A. & Serna-Saldívar S.O. (2009). Phenolic composition, antioxidant capacity and in vitro cancer cell cytotoxicity of nine prickly pear (*Opuntia spp.*) juices. *Plant Foods Hum. Nutr.* 64: 146-152.
- Coria-Téllez A., Montalvo-González E., Yahia E.M. & Obledo-Vázquez E. N. (2018). *Annona muricata*: A comprehensive review on its traditional medicinal uses, phytochemicals, pharmacological activities, mechanisms of action and toxicity. *Arab. J. Chem.* 11: 662-691.
- Corona-González R.I., Ramos-Ibarra J.R., Gutiérrez-Gonzalez P., Pelayo-Ortíz C., Guatemala-Morales G.M. & Arriola-Guevara E. (2013). The use of response surface methodology to evaluate the fermentation conditions in the production of Tepache. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 12: 19-28.
- Corzo-Rios L.J., Aguilar-Méndez M.A. & Ramírez-Ortíz (2015). Water adsorption isotherms for tascalate, a powder employed to make a traditional beverage of Chiapas, México. In: Chapter 28, *Advances in Science Biotechnology and Safety of Foods*. García S., García-Galindo H.S. & Nevárez-Moorillón Eds. Asociación Mexicana de Ciencias de los Alimentos, A.C. México.
- De la Fuente-Salcido N.M., Castañeda-Ramírez J.C., García-Almendárez B.E., Bideshi D.K., Salcedo-Hernández R. & Barboza-Corona J.E. (2015). Isolation and characterization of bacteriocinogenic lactic bacteria from M-Tuba and Tepache, two traditional fermented beverages in Mexico. *Food Sci. Nutr.* 3: 434-442.
- Depres J., Forano E., Lepercq P., Comtet-Marre S., Jubelin, G., Yeoman C.J., Miller M.E.B., Fields C.J., Terrapon N., Le Bourvellec C., Renard C.M.G.C., Henrissat B., White B.A. & Mosoni P. (2016). Unraveling the pectinolytic function of *Bacteroides xylanisolvens* using RNA-seq approach and mutagenesis. *BMC Genomics* 17: 147-160.

- Escalante A., Rodríguez M.E., Martínez A., López-Munguía A., Bolívar F. & Gosset G. (2004). Characterization of bacterial diversity in Pulque, a traditional Mexican alcoholic fermented beverage, as determined by 16S rDNA analysis. *FEMS Microbiol. Lett.* 235: 273-279.
- Escalante A., LópezSoto D.R., VelázquezGutiérrez J.E., Giles-Gómez M., Bolívar F. & López-Munguía A. (2016). Pulque, a Traditional Mexican Alcoholic Fermented Beverage: Historical, Microbiological, and Technical Aspects. *Front. Microbiol.* 7: 1-18.
- Gallegos-Tintoré S., Chel-Guerrero L., Corzo Ríos L.J. & Martínez-Ayala A.L. (2013). Péptidos con actividad antioxidante de proteínas vegetales. En: “M. Segura Campos, L. Chel Guerrero & D. Betancur Ancona (Eds.), Bioactividad de péptidos derivados de proteínas alimentarias (pp. 111-122)”. Barcelona: OmniaScience.
- Gallegos-Tintoré S., Torres-Fuentes C., Martínez-Ayala A.L., Solorza-Feria J., Alaiz M., GirónCalle J. & Vioque J. (2011). Antioxidant and chelating activity of *Jatropha curcas* L. protein hydrolysates. *J. Sci. Food. Agric.*, 91: 1618-1624.
- Gibson G.R. & Roberfroid M.B. (1995). Dietary modulation of the colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.* 125:1401–1412.
- González-Amaro R.M., Figueroa-Cárdenas J.D., Perales H. & Santiago-Ramos D. (2015). Maize races on functional and nutritional quality of tejate: A maize-cacao beverage. *Food Sci. Technol.* 63: 1008-1015.
- González-Mesillas F., Velázquez-Castro P., Jaimez-Ordaz J. & Zuñiga-Juárez M.A. (2016). Potencial probiótico de bacterias aisladas del pulque: una revisión. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 1: 924-930.
- Hammerstone J.F., Lazarus S.A. & Schmitz H.H. (2000). Procyanidin Content and variation in some commonly consume foods. *J. Nutr.* 130: 2086S-2092S.
- Herrera T. (2005). Los hongos en la cultura mexicana: bebidas y alimentos tradicionales fermentados, hongos alucinógenos. *Etnobiología* 5: 108-116.
- Herrera T. & Ulloa M. (1981). *Saccharomyces cerevisiae* and *Candida valida* yeasts isolated from colonche in SanLus Potosí, México. *Rev. Latinoam. Microbiol.* 23: 219-223.
- Holguín-Salas A., López-López D., Corkidi G. & Galindo E. (2015). Foam production and hydrodynamic performance of a traditional Mexican milinillo (beater) in the chocolate beverage preparation process. *Food Bioprod. Process.* 93: 139-147.
- Hossain P., Kavar B. & Nahas M.E. (2007). Obesity and diabetes in the developing world. A growing challenge. *N. Engl. J. Med.* 356: 213-215.
- Hosseini E., Grootaert C., Verstraete W. & Van de Wiele T. (2011). Propionate as a health-promoting microbial metabolite in the human gut. *Nutr. Rev.* 69: 245–258.
- Juárez-Montiel M., Ruiloba de León S., Chávez-CarrilloG., Hernández-Rodríguez C. & Villa-Tanaca L. (2011). Huitlacoche (corn smut), caused by the phytopathogenic fungus *Ustilago maydis*, as a functional food. *Rev. Iberoam. Micol.* 28: 69-73.
- King H., Aubert R. & Herman W. (1998). Global burden of diabetes, 1995–2025. *Diabetes Care* 21: 1414–1431.
- Lara-Hidalgo C.E., Hernández-Sánchez H., Hernández-Rodríguez C. & Dorantes-Álvarez L. (2017). Yeasts in fermented foods and their probiotic potential. *Austin J. Nutr. Metab.* 4: 1-8.
- Mendes-dos Santos G. & Antonini Y. (2008). The traditional knowledge on stingless bees (Apidae: Melipona) used by the enawene-nawe tribe in western Brazil. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 4: 1-9.

- Mulero-Cánovas J., Zafrilla-Rentero P., Martínez-Cachá-Martínez A. Leal-Hernández M. & Abellán-Alemán J. (2011). Clin. Invest. Arterioscl. 23: 219-227.
- Neuhouser M.L. (2004). Dietary flavonoids and cancer risk: Evidence from human population studies. Nutr. Cancer 50: 1-7.
- Nuraida L., Wacher M.C. & Owens J.D. (1995). Microbiology of pozol, a Mexican fermented maize dough. World J. Microbiol. Biotechnol. 11: 567-571.
- Ocheme O.B., Oludamilola O.O. & Gladys M.E. (2010). Effect of lime soaking and cooking (nixtamalization) on the proximate, functional and some anti-functional properties of millet flour. Au. J. T. 14: 131-138.
- Poprac P., Jomova K., Simunkova M., Kollar V., Rhodes C.J. & Valko M. (2017). Targeting free radicals in oxidative stress-related human diseases. Trends Pharmacol. Sci. 38: 592-607.
- Quintero-Salazar B., Bernáldez-Camiruaga A.I., Dublán-García O., Barrera-García V.D. & Favila-Cisneros H.J. (2012). Consumo y conocimiento actual de una bebida fermentada tradicional en Ixtapan del Oro, México: la sambumbia. Alteridades 22: 115-129.
- Rivera-Madrid R., Aguilar-Espinosa M., Cárdenas-Conejo Y. & Garza-Caligaris L.E. (2016). Carotenoid derivatives in achiote (*Bixa orellana*) seeds: synthesis and health Promoting Properties. Front. Plant Sci. 7: 1-7.
- Roberfroid M.B. (2000). Prebiotics and probiotics: are they functional foods. Am. J. Clin. Nutr. 71: 1682S-1687S.
- Roberfroid M. (2007). Prebiotics: the concept revisited. J. Nutr. 137: 830S-837S.
- Rull J.A., Aguilar-Salinas C.A., Rojas R., Rios-Torres J.M., Gómez-Pérez F.J. & Olaiz G. (2005). Epidemiology of type 2 diabetes in Mexico. Arch. Med. Res. 36: 188-196.
- Saeed M., Yasmin I., Khan M.I., Pasha I., Khan M.R., Shabbir A. & Khan W.A. (2014). Lactic acid bacteria in sourdough fermentation; a safe approach for food preservation. Pak. J. Food. Sci. 24: 211-217.
- Sánchez-Dirzo M.G., López-Ferrer C.E., Flores-Valadez M., Jofre-Garfias A.L., Aguirre-Rodríguez J.A., Morales-Cruz E.J. & Reyes-Chilpa R. (2010). Estudio preliminar del axokot, bebida tradicional fermentada, bajo una perspectiva transdisciplinaria. Investigación Universitaria Multidisciplinaria: Revista de Investigación de la Universidad Simón Bolívar 9: 113-124.
- Septembre-Malaterre A., Remiza F. & Poucheret P. (2018). Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. Food Res. Int. 104: 86-99.
- Shahidi A. & Zhong B. (2008). Bioactive peptides. J. AOAC. Int. 91: 914-931.
- Sharma S., Singh R. & Rana S. (2011). Bioactive peptides: a review. Int. J. BioAutomation, 15: 223-250.
- Sosa A., Ruiz G., Rana J., Gordillo G., West H., Sharma M., Liu X. & Robles de la Torre R.R. (2016). Chia crop (*Salvia hispanica L.*): its history and importance as a source of polyunsaturated fatty acids omega-3 around the world: a review. J. Crop Res. Fert. 1: 1-9.
- Sotelo A., Soleri D., Wacher C., Sánchez-Chinchillas A. & Argote R.M. (2012). Chemical and nutritional composition of tejate, a traditional maize cacao beverage from the central valleys of Oaxaca, Mexico. Plant Foods Hum. Nutr. 67: 148-155.
- Stross, B. (2011). Food, foam and fermentation in Mesoamerica. Food, Culture & Society 14: 477-501.

- Suela-Silva M., Ramos C.L., González-Avila M., Gschaedler A., Arrizon J., Schwan R.F. & Dias D.R. (2017). Probiotic properties of *Weissella cibaria* and *Leuconostoc citreum* isolated from tejuino- a typical Mexican beverage. *Food Sci. Technol.* 86: 227-232.
- Tironi V.A. & Añón M.C. (2010). Amaranth proteins as a source of antioxidant peptides: Effect of proteolysis. *Food Res. Int.*, 43: 315-322.
- Torres-Torres, Felipe, ed. (1997): *Dinámica económica de la industria alimentaria y patrón de consumo en México*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas, México.
- Udenigwe C.C. & Aluko R.E. (2012). Food protein-derived bioactive peptides: production, processing, and potential health benefits. *J. Food Sci.*, 71: R11-R24.
- Valko M., Leibfritz D., Moncol J., Cronin M.T.D., Mazur M. & Telser J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 39: 44-84.
- Vandeputte D., Falony G., Vieira-Silva S., Wang J., Sailer M., Theis S., Verbeke K. & Raes J. (2017). Prebiotic inulin-type fructans induce specific changes in the human gut microbiota. *Gut* 66: 1968-1974.
- Weber C.W., Gentry H.S., Kohlhepp E.A. & McCrohan P.R. (1991). The nutritional and chemical evaluation of chia seeds. *Ecol. Food Nutr.* 26: 119-125.
- Wild S., Roglic G., Gree A., Sicree R. & King H. (2004). Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care* 27: 1047-1053.
- Zabat M.A., Sano W.H., Wurster J.I., Cabral D.J. & Belenky P. (2018). Microbial community analysis of sauerkraut fermentation reveals a stable and rapidly established community. *Foods* 7:1-8.

Frutas tropicales como fuentes de antioxidantes y sus perspectivas en la industria de bebidas

Tropical fruits as sources of antioxidants and their perspectives in the beverage industry

VÁZQUEZ-BRIONES, María Del Carmen†*, CHAVEZ-REYES, Yanet y MATA-GARCÍA, Moisés

Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz. Departamento de Ingeniería Química. Av. Universidad Tecnológica. Lote Grande, Núm. 1. C.P.:96360

Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas. Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Carretera las Choapas-Cerro de Nanchital Km6. Col. J. Mario Rosado, Las Choapas, Veracruz, C.P. 96980

ID 1^{er} Autor: *María Del Carmen, Vázquez-Briones* / **ORC ID:** 0000 000261869004, **Researcher ID Thomson:** F-9484-2019, **CVU CONACYT ID:** 92265

ID 1^{er} Coautor: *Yanet, Chavez-Reyes* / **ORC ID:** 0000-0001-7205-8664, **Researcher ID Thomson:** A-2278-2013, **CVU CONACYT ID:** 286143

ID 1^{er} Coautor: *Moisés, Mata-García* / **ORC ID:** 0000-0001-5626-9074, **Researcher ID Thomson:** S-7653-2018, **CVU CONACYT ID:** 92229

M. Vázquez, Y. Chavez y M. Mata

maría.vazquez.b@utsv.edu.mx

J. Olives (Dr.). Ciencias biológicas y químicas. Proceedings-©ECORFAN-Mexico, 2019.

Abstract

Currently consumers prefer to consume natural products free of synthetic additives. Therefore, in the near future it is expected the application of natural antioxidants as substitutes for synthetic additives, so it will be necessary to study these molecules in more detail and find sources from which to obtain them to revalue the great variety of existing tropical fruits and byproducts of agroindustry to formulate food for the prevention of diseases. Therefore, the purpose of this work was to address the importance of the consumption of tropical fruits and their antioxidant properties, and the methods for the determination of the antioxidant content, which allows to establish future products of the food industry of beverages with bioactive compounds formulated based on tropical fruits. Through a literature review of the topics: oxidative stress causing diseases, antioxidant activity, recent studies of antioxidant content in tropical fruits and agroindustrial residues, importance of tropical fruit antioxidants in the prevention of diseases, compounds with antioxidant capacity, methods to determine the antioxidant content, finally the authors present an outline of the future perspective for the market of the food industry of beverages formulated tropical fruits with high content of antioxidants.

Frutas, Antioxidante, Bebidas

Introducción

Actualmente se ha incrementado el consumo de fruta fresca en todo el mundo. Este aumento está asociado con diversos factores: los consumidores buscan productos saludables para un mayor cuidado de la salud y aspectos nutricionales en los alimentos, para evitar el consumo de conservadores químicos que en estudios experimentales han demostrado causar efectos nocivos a la salud, campañas publicitarias sobre los beneficios del consumo de frutas y verduras, tendencia a liberar horarios y costos (que aumenta la sustitución de comidas rápidas. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha demostrado que la comercialización a nivel mundial, de productos de frutas ha crecido más de cinco veces. Se tienen reportes que, en los últimos 15 años, la producción mundial de fruta fue de 773.8 millones de toneladas en el año 2012 (FAO FAOSTAT, 2017). La fruticultura es considerada uno de los segmentos agrícolas más rentables, atrayendo la atención no solo de los empresarios rurales, agricultores, también de las agencias gubernamentales. Sin embargo, existe pérdidas de estos productos después de la cosecha, estimándose en un rango de 20 a 40% en países en vías de desarrollo y 10-15% en países desarrollados Ding (2017). De igual forma, el sector de bebidas a base de frutas, jugos concentrados, han sido creciendo en los últimos años. Con respecto al segmento de zumos de frutas el mercado a nivel mundial se mueve alrededor de los US \$ 5.0 mil millones/año. Por lo tanto, el mercado internacional de zumos y sus derivados está en pleno desarrollo. Los jugos de frutas tropicales son una opción popular de bebidas, tanto para adultos como para niños por su sabor, color amigable y propiedades nutricionales. A pesar de la gran variedad de frutas tropicales con deliciosos sabores exóticos, que presentan un excelente potencial de mercado, hay pocos productos (jugos de fruta) comerciales de especies tropicales (Maia, da Silva, do Prado, Fonseca, de Sousa, y de Figueiredo 2019). Las frutas exóticas se utilizan cada vez más, con excelentes oportunidades de innovación (Moura Neto et al., 2016). Los componentes más abundantes en frutas tropicales son el agua y los carbohidratos. Con valor nutricional: las vitaminas y los minerales. También contiene fibra dietética que ayudan al paso del tracto gastrointestinal y compuestos antioxidantes, que actúan para disminuir o inhibir radicales libres en el cuerpo. En el estado de Veracruz, México se produce una gran variedad de frutas tropicales como: guayaba, nanche, mango, piña, papaya, plátano, cítricos, sandía, coco, pitahaya, chico zapote, guanábana, tamarindo, naranja, mandarina, por mencionar algunas, gracias al tipo de clima que prevalece. Debido a que existe un interés por la búsqueda de antioxidantes de origen natural, especialmente aquellos que están presentes en frutas tropicales, y al consumo de frutas que ha sido asociado con la disminución del riesgo de padecer enfermedades provocadas por el estrés oxidativo (Gülçin, 2012). En este contexto, es necesario buscar alternativas para la industrialización de frutas tropicales producidas en el estado de Veracruz, México que permita aprovechar al máximo estos productos.

Actualmente los consumidores prefieren consumir productos naturales libres de aditivos sintéticos. Por tanto, en un futuro cercano se espera la aplicación de antioxidantes naturales como sustitutos de aditivos sintéticos, por lo que será necesario estudiar con más detalle estas moléculas y encontrar fuentes de donde obtenerlos para revalorizar la gran variedad de frutas tropicales existentes y los subproductos de la agroindustria para formular alimentos para la prevención de enfermedades.

El propósito de este trabajo fue abordar la importancia del consumo de frutas tropicales y sus propiedades antioxidantes, y los métodos para la determinación del contenido de antioxidantes, que permita a futuro establecer productos de la industria alimentaria de bebidas con compuestos bioactivos formulados a base de frutas tropicales, cultivadas en el estado de Veracruz, México.

En este capítulo se indaga el tema de estrés oxidativo causante de enfermedades en personas, se define la actividad antioxidante y se da a conocer resultados de estudios del contenido de antioxidantes obtenidos a partir de frutas tropicales y residuos agroindustriales, también se menciona la importancia de los antioxidantes presentes en frutas tropicales en la prevención de enfermedades. Se dan a conocer compuestos que presentan capacidad antioxidante, su contenido en frutas tropicales y métodos para determinar el contenido de antioxidante, de igual forma se da a conocer un esbozo de la perspectiva del futuro para el mercado de la industria alimentaria de bebidas y por último consideraciones finales de por parte de los autores.

Estrés oxidativo causante de enfermedades en las personas

El oxígeno es un metabolito esencial para la vida. Sin embargo, puede ser altamente dañino para el organismo y para los alimentos que consumimos si su actividad no es controlada. Uno de los efectos negativos del oxígeno es que provoca oxidación de los lípidos o rancidez oxidativa. Este proceso se inicia en los alimentos por las llamadas especies reactivas del oxígeno (ROS), sin embargo, también se pueden formar en organismos vivos como consecuencia de la actividad metabólica. Ciertos procesos metabólicos requieren de la participación de los ROS, por lo cual, el control de la formación y destrucción de los ROS es de gran importancia (Descalzo et al, 2008). El estrés oxidativo es uno de los principales factores causantes de muchas enfermedades humanas (Jeong et al. 2019) y se define como un desequilibrio en el balance entre la formación y destrucción de los ROS, y es en este proceso donde los antioxidantes tienen una función protectora importante. Los sistemas in vivo que el ser humano posee contra el daño oxidativo pueden clasificarse en tres líneas de defensa: la primera consiste en la inhibición de la formación de especies reactivas de oxígeno y de radicales libres a través del secuestro de iones metálicos, por reducción de hidroperóxidos y peróxido de hidrógeno y por captación de oxígeno singlete.

Por esta razón, en los últimos años, el estudio de la química de los radicales libres ha sido objeto de diversos estudios, debido a que son especies de oxígeno reactivas (ROS) y especies de nitrógeno reactivas (RNS) generadas por nuestro cuerpo por varios sistemas endógenos, se encuentran expuestos a diferentes tipos de estrés o estados patológicos. Si los radicales libres superan la capacidad del cuerpo para regularlos, se produce una condición conocida como estrés oxidativo, por lo tanto, se requiere un equilibrio entre los radicales libres y los antioxidantes para una función fisiológica adecuada. El estrés oxidativo puede alterar severamente lípidos y proteínas (oxidación), rompimiento del ADN y desencadenar daños en la salud humana. Por lo tanto, el suministro de antioxidantes a través de los alimentos puede coadyuvar al control del estrés oxidativo y disminuir el riesgo del daño celular causante de enfermedades degenerativas.

De acuerdo con las evidencias anteriores, actualmente los consumidores se inclinan hacia alimentos de alto valor nutricional, pero que además aporten beneficios a la salud humana. A este tipo de alimentos, se les denomina “alimentos funcionales”, los cuales son aquellos alimentos naturales, procesados o mínimamente procesados que además de sus componentes nutritivos contienen ciertos compuestos (metabolitos secundarios) que desempeñan una función específica en las funciones fisiológicas del organismo, favoreciendo el estado físico y mental de las personas. Un gran número de investigaciones han demostrado que las frutas favorecen el balance de radicales libres a través del suministro de compuestos bioactivos debido a su capacidad antioxidante, atribuida principalmente a compuestos fenólicos que se sabe, protegen al organismo contra los daños causados por las especies reactivas al oxígeno (Kaur, C. y Kapoor, H. C. 2001; María do Socorro et al. 2010; Alothman, et al. 2009; Mahattanatawee, et al. 2006; Shahidi, et al. 2003).

De los antioxidantes que absorben radicales, los principales representantes de este grupo son la vitamina liposoluble E y la hidrosoluble C. Ambas captan radicales e inhiben la reacción en cadena o rompen la reacción de propagación. Los compuestos polifenólicos también pueden actuar como potentes antioxidantes absorbedores de radicales.

Los antioxidantes tienen acción estabilizadora sobre los radicales libres inhibiendo la peroxidación lipídica, proceso que está involucrado en el desarrollo de diversas enfermedades comunes, en las que se incluyen la aterosclerosis y desórdenes neurodegenerativos como la enfermedad de Alzheimer entre otras (Beneficios de la vitamina C en fumadores con enfermedad coronaria. Numerosos compuestos presentes en las frutas como la vitamina E (α -tocoferol), vitamina C (ácido ascórbico), β caroteno (pro-vitamina A), compuestos fenólicos y flavonoides, se han relacionado a efectos positivos en la salud debido a su efecto antioxidante (Rojas-Barquera & Narváez-Cuenca, 2009a). Estudios recientes indican que el consumo frecuente de frutas se asocia con un menor riesgo de accidente cerebrovascular y cáncer. Este efecto protector está relacionado con el contenido de antioxidantes en las frutas (Saura-Calixto & Goni, 2006).

Actividad antioxidante

La capacidad antioxidante de los alimentos está determinada por una mezcla de compuestos antioxidantes con diferentes mecanismos de acción (Moo et al., 2014, 2015); como tal pueden unirse a polímeros biológicos, como enzimas, transportadores de hormonas, y ADN; quelar iones metálicos transitorios, tales como hierro, cobre, zinc; catalizar el transporte de electrones, y depurar radicales libres (Martínez et al. 2002). La actividad antioxidante denota la capacidad de un compuesto bioactivo para mantener la estructura y función celular al eliminar de manera efectiva los radicales libres, inhibiendo las reacciones de peroxidación de lípidos y previniendo otros daños oxidativos. También es la base de muchas otras funciones biológicas, como los anticancerosos, antiinflamatorios y antienvjecimiento. Se ha sugerido que la prevención de muchas enfermedades crónicas, como el cáncer, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares, se asocia con la actividad antioxidante. Por lo tanto, un estudio profundo de los antioxidantes naturales, obtenidos de frutas tropicales es de gran importancia para la salud humana (Zou et al. 2016). Sin embargo, debe considerarse que la capacidad antioxidante de las frutas frescas crudas es dependiente principalmente del estado de madurez, estrés, tipo de cultivar, condiciones ambientales, prácticas de cultivo y cosecha, pero sin duda alguna los cambios más importantes ocurren durante el manejo postcosecha y procesamiento.

Antioxidantes obtenidos a partir de frutas tropicales y residuos agroindustriales

Los compuestos fenólicos son componentes que han demostrado tener un rango amplio de propiedades fisiológicas, en la salud, como anti-alérgicas, anti-aterogénicas, anti-inflamatorias, antivirales (Li y Forstermann, 2012). Muchas de estas propiedades fisiológicas han sido atribuidas a su efecto antioxidante ejercido de manera directa como secuestrantes de radicales libres. Los subproductos agrícolas poseen compuestos fenólicos, por ejemplo, las semillas de frutas como mango, jaca, tamarindo que han mostrado tener mayor contenido de compuestos que la pulpa de la misma fruta (Soong y Barlow, 2004). Murillo (2000) demostró que el marañón de variedad rojo y amarillo tienen mayor capacidad antioxidante en comparación con algunas frutas tropicales como la naranja, maracuyá, noni, guayaba, carambola. La agroindustria frutícola es generadora de grandes cantidades de residuos, considerados en principio como desechos agrícolas; no obstante, puede mirárseles como un recurso abundante y renovable de biomasa (Oliveira et al. 2006). Pese a todo, existe la posibilidad de que estos residuos puedan ser fuente importante de compuestos biológicamente activos con alto valor comercial y, a su vez, constituirse en alternativas que mitiguen la contaminación ambiental causada por su descarga indiscriminada en diferentes paisajes ecológicos (Moure et al. 2001).

La industria alimentaria, consiente de esta problemática, se ha enfocado en la búsqueda de compuestos naturales provenientes de materias primas generadas en la industrialización de diferentes materiales vegetales, buscando con esto un aprovechamiento integral de estos, una disminución en el impacto ambiental generado y la formulación de productos alimenticios funcionales enriquecidos con este tipo de compuestos. Los subproductos del marañón rojo y amarillo presentan alto contenido de fenoles, bagazo: 194.03 mg EAG/100 g, 166.28 mg EAG/100 g; Cáscara; 220.82 mg EAG/100 g, 213.62 mg EAG/100 g y fruto completo: 197.33 mg EAG/100 g, 168.08 mg EAG/100 g, respectivamente (Morales et al. 2018). Huchin et al. (2014), mencionan que la pulpa del marañón rojo contiene un alto contenido de fenoles. Para la conservación de los compuestos bioactivos del marañón, Morales et al. (2018) emplearon microondas como alternativas al horno convencional para la deshidratación de alimentos, ya que conserva las características fisicoquímicas, organolépticas, así como la capacidad antioxidante del alimento.

Los subproductos de la carambola también han demostrado contenido de fenoles, Muñoz et al. (2009) comprobaron que las cáscaras de carambola, guinda, tomate de árbol y camu contienen alto contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante y son fuentes disponibles para la formulación de alimentos funcionales. La carambola pintona contiene mayor actividad antioxidante respecto a la fruta madura (Vargas, 2008); Rodiz et al. 2018) comprobaron que el bagazo de marañón deshidratado por microondas contiene mayor contenido de fenoles y capacidad antioxidante en comparación con el bagazo fresco. Los subproductos del mango, en especial la cáscara representa del 15 al 20% del peso total del fruto (Serna et al. 2016), y se ha encontrado que es una buena fuente de fitoquímicos como polifenoles, carotenoides, vitamina C y E, que han mostrado buenas propiedades antioxidantes, además se ha indicado que el contenido de polifenoles es mayor en la cáscara del mango que en la pulpa (Kim et al. 2010). Por lo cual, estos subproductos pueden ser aprovechados en la industria con el fin de obtener nuevos ingredientes que puedan ser incorporados en matrices alimentarias. Serna et al. (2015) evaluaron el aprovechamiento de cáscara de mango en la obtención de polvos alimentarios como fuente de ingredientes funcionales; encontraron que estos contienen antocianinas, carotenoides, licopeno y ácido ascórbico, y que además tienen una alta capacidad de retención de agua, por lo cual podría tener aplicaciones como agentes emulsionantes. En este sentido, Ajila et al. (2007) mencionan que la cáscara del mango tiene una buena actividad antioxidante y por tanto se puede utilizar para obtener alimentos nutraceuticos y funcionales, debido a que estos antioxidantes han despertado un considerable interés por su potencial valor nutricional y terapéutico. La cáscara de piña también posee alto contenido de fenoles, Li et al. (2012). Su contenido es superior al plátano, similar a la carambola, pero menor a la uva, manzana (Luximon et al. 2005). Los carotenoides son los responsables de color en los frutos rojos, amarillos y anaranjados (Meléndez et al. 2015), gran parte de los subproductos agroalimentarios están compuestos por este pigmento. Los subproductos del marañón rojo y amarillo presentan alto contenido de carotenoides, bagazo: 9.86 mg/100 g, 8.32±0.05 mg/100 g; Cáscara; 16.51 mg/100 g, 12.32±0.06 mg/100 g y fruto completo: 14.48±0.06 mg/100 g, 13.32±0.04 mg/100 g respectivamente (Morales et al. 2018). Un alimento con antioxidante de alto consumo es la guayaba (*Psidium guajava* L.) que contiene vitaminas A, C y polifenoles. Al estudiarse la fruta fresca, la piel, la pulpa y toda la capa externa (casco) se observa un mayor contenido de polifenoles (base húmeda) en la piel del fruto y después en la pulpa y el casco (Palomino, Guija y Lozano, 2009).

Importancia de los antioxidantes de frutas tropicales en la prevención de enfermedades

En la actualidad los problemas de salud pública se centran en el envejecimiento de la población y en el aumento de la prevalencia de determinadas enfermedades crónicas (Herrera et al. 2014). Las principales investigaciones demuestran que el uso de compuestos bioactivos derivados de plantas como fuente de ingredientes funcionales en los productos alimenticios puede disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas. En consecuencia, se ha demostrado que las frutas son la principal fuente de sustancias biológicamente activas, que contribuyen a su potencial quimiopreventivo (Mahattanatawee et al. 2006; Dembitsky et al. 2011; Jiménez et al. 2011). De igual forma, los extractos de residuos provenientes de frutas y vegetales también son considerados como potenciales recursos nutraceuticos por sus compuestos bioactivos presentes en ellas (Dembitsky et al. 2011). El marañón es una fruta fibrosa que contiene varias moléculas bioactivas tales como polifenoles, taninos, ácido anacárdico, carotenoides y vitamina C (Deenanath et al. 2015). Con actividades antiproliferativas, antimicrobianas y anti-inflamatorio que se han descubierto en los extractos de las hojas y la corteza del tronco del *anacardium* (Santos et al. 2006), Por lo que es importante su estudio para su aplicación en terapias antimicrobianas y anticancerígenos. Dias-souza (2017) mostró que los extractos del jugo de marañón son activos contra las células planctónicas de las cepas *S. aureus*, debido a que el zumo del marañón es rico en nutrientes, por lo que detectó actividades antimicrobianas comparados con fármacos. Olatunji et al. (2005) evaluaron la actividad antidiabética de la planta del marañón en ratas alimentadas con fructosa (diabéticas) y normales, demostraron que la administración oral crónica de extracto de la corteza del marañón a una dosis de 200.0 mg/kg de peso corporal, puede ser un agente antihiper glucémico alternativo seguro que tiene un efecto beneficioso al mejorar la glucosa en plasma y los lípidos en ratas diabéticas inducidas por fructosa, que se asocia con una reducción de la peroxidación lipídica.

La carambola es una fruta baja en calorías, es una fuente de potasio, vitamina A y vitamina C. Así mismo, posee compuestos fenólicos, polifenólicos y carotenoides con capacidad antioxidante, y antitumoral (Henaó 2011).

Hasta el momento se ha logrado determinar el principio activo y las propiedades farmacológicas de los compuestos de la carambola para la prevención de enfermedades cancerígenas. Los subproductos del mango como semillas y cascara, son ricos en compuestos bioactivos como polifenoles, carotenoides y vitaminas (Ajila, Aalami Leelavathi y Rao, 2010). El-Gied et al. (2012) mencionan que los extractos etanólicos de semillas de mango en una concentración de 5 mg/mL, han mostrado inhibición contra *Staphylococcus aureus* con halos de 10 mm y 11 mm. Así mismo, Oliveira (2016) encontró que el principal compuesto del mango y sus subproductos es la mangiferina que poseen acciones farmacológicas (analgésicas, antioxidantes, antiinflamatorias, antiviral y antitumoral).

Jasminder Kaur et al. (2010) determinaron la actividad antibacteriana de la semilla de mango kernel, la actividad antibacteriana se evaluó mediante un ensayo de difusión en disco con tres patógenos bacterianos de importancia médica, como como *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (*S. aureus*) (MRSA), *Escherichia coli* (*E. coli*) y *Vibrio vulnificus* (*V. vulnificus*). Por lo tanto, extractos con actividad antioxidante podrían ser de gran interés en la industria alimentaria como conservadores naturales (Vázquez-Briones et al. 2015).

Como resultados, la semilla de mango a una concentración de 100 mg/mL tiene una actividad antimicrobiana potencial contra MRSA y *E. coli* en comparación con *V. vulnificus*, indicando que no hay una significativa diferencia en el contenido fitoquímico y la actividad biológica de la semilla de mango. Los componentes de *Ananas comosus* se ha conocido por una serie de actividades biológicas beneficiosas como antioxidante, contra el cáncer, actividades antiinflamatorias y antiplaquetas (Kalaiselvil et al., 2013).

Las frutas tropicales con un alto contenido de antioxidantes previenen enfermedades cardíacas y cáncer hasta mejorar el sistema inmunológico y reducir el proceso de envejecimiento. Se encuentra en los pigmentos rojo, azul y púrpura que dan a las frutas su color (Priyadarshini y Priyadarshini, 2018). Por otra parte, debido a que los frutos por lo general se producen en regiones alejadas de los grandes mercados, es necesario utilizar procesos tecnológicos para mejorar su estabilidad y minimizar los costos de transporte (secado, deshidratación, pasteurización), reducir las reacciones enzimáticas (escaldado), y almacenamiento (empacado y refrigeración), los cuales pueden causar oxidación y otros eventos que causan reducción en la capacidad antioxidante del alimento procesado en comparación con el fruto fresco.

Además, durante el procesamiento es importante en algunos casos considerar la ubicación de los compuestos responsables de la actividad antioxidante dentro del tejido de la fruta (cáscara, semilla, pulpa), ya que su eliminación puede reducir el contenido de antioxidantes o alternativamente se pueden obtener subproductos ricos en antioxidantes (Skrede et al. 2000). En ese sentido, a continuación, en la siguiente tabla se presentan algunos trabajos relevantes sobre el contenido de antioxidante en frutas tropicales.

Tabla 7.1 Contenido de antioxidantes en frutas tropicales determinado por diferentes métodos

Fruta tropical	Contenido	Método	Referencia
Pulpa de mango	0.18 mM TAA.g ⁻¹	ABTS	Palmar et al. (2016)
Plátano	35.8 ± 4.11 %	DPPH	Alothman et al. (2009)
<i>Pulpa C. sanguinolentum</i>	26,47 EC (mg/mL)	ABTS	Tuesta, et al. 2014.
<i>Pulpa P. caimito</i>	20,73 EC (mg/mL)	DPPH	
	27,76 EC g/mL)	ABTS	Kuskoski et al. (2005).
	>1000	DPPH	
<i>Guayaba</i>	4,2±0,1 mg/100 g	DMPD	Kuskoski et al. (2005).
	5,9±0,4 mg/100 g	DPPH	
	8,2±0,4 mg/100 g	ABTS	
<i>Piña</i>	5,3±0,0 mg/100 g	DMPD	Kuskoski et al. (2005).
	0,5±0,01 mg/100 g	DPPH	
	3,4±0,3 mg/100 g	ABTS	
<i>Mango</i>	24,3±0,3 mg/100 g	DMPD	Kuskoski et al. (2005).
	12,9±0,2 mg/100 g	DPPH	
	13,2±0,3 mg/100 g	ABTS	
<i>Maracuyá</i>	5,0±0,2 %	DMPD	Kuskoski et al. (2005).
	0,9±0,2 %	DPPH	
	2,3±0,6 %	ABTS	
<i>(Tamarindus indica L.)</i>	IC50 = 38.17	DPPH	Ugwuona y Onweluzo (2013)
	2.04± 0.48	DPPH	
<i>Papaya</i>	2.24± 0.06	DPPH	Almeida et al. 2011
<i>Moras</i>	109.05 a 1524.84 mg/100 g FW	DPPH	Farahani et al. 2019
	0,59 a 12,49 mmol/100 g FW	FRAP	
<i>Chirimoya</i>	649.69 ± 21.89 µL/100 g FW	ABTS	Moo-Huchin (2014).
	376.30 ± 2.29 µL/100 g FW	DPPH	
<i>Zapote blanco</i>	661.03 ± 18.94 µL/100 g FW	ABTS	
	349.21 ± 19.70 µL/100 g FW	DPPH	
<i>Nance amarillo</i>	661.79 ± 35.0 µL/100 g FW	ABTS	
	372.91 ± 4.05 µL/100 g FW	DPPH	Moo-Huchin (2014).
<i>Mamey zapote</i>	393.81 ± 0.36 µL/100 g FW	ABTS	
	113.06 ± 26.45 µL/100 g FW	DPPH	

Fuente: Elaboración propia

Compuestos que presentan capacidad antioxidante

Los antioxidantes pueden clasificarse según su origen en sintéticos y naturales. Dentro del primer grupo se encuentran el hidroxianisol butilado (BHA), el hidroxitolueno butilado (BHT), la butilhidroquinona terciaria (TBHQ) y los ésteres del ácido gálico; mientras que los tocoferoles, flavonoides y ácidos fenólicos son antioxidantes naturales, que además se asume que son más potentes, eficaces y seguros que los sintéticos (Alfonso Valenzuela et al. 2003). Los antioxidantes son sustancias que pueden neutralizar gran parte del proceso de oxidación ocasionada por los radicales libres, sin perder su estabilidad electroquímica, transformándose en débil y no tóxico. Las células son capaces de producir cierta cantidad de este tipo de compuestos que actúan como antioxidantes endógenos (enzimas); sin embargo, la producción de estos es limitada y se requiere de la ingesta de alimentos que contengan en su estructura o composición, antioxidantes exógenos que contribuyan en los mecanismos de protección contra procesos de oxidación (Crozier et al. 2009). Los antioxidantes sintéticos se han convertido en un recurso alternativo industrial frente a las pérdidas ocasionadas por el deterioro de las grasas y aceites, son un ejemplo de estos el hidroxianisol butilado (BHA), el hidroxitolueno butilado (BHT) y la butilhidroquinona (TBHQ), entre otros. No obstante, su aplicabilidad es discutible debido al potencial carcinogénico y a su toxicidad (Madhavi and Salunkhe, 1995, Siddhuraju y Becker, 2007).

Entre los antioxidantes hay varias familias de principios activos como los polifenoles y los fitoestrógenos. Entre los primeros se encuentran los flavonoides y los taninos. Entre los flavonoides se pueden señalar sólo como ejemplo las antocianidinas (rojo-azulado de las fresas), catequinas (té verde y negro), citroflavonoides (naranja, que da sabor amargo a lo naranja, limón, toronja), isoflavonoides (genisteína y daidzeína presentes en soya y sus derivados). Protoantocianidinas en semillas de uva y vino tinto.

Otro tipo de antioxidantes son los taninos (polifenoles), respecto a los fitoestrógenos (isoflavonas lignanos, flavonoides) se encuentran particularmente en las proteínas de la soya o sus derivados.

La genisteína y daidzeína que también se biosintetizan en abundancia en la cascarilla de semillas de linaza y centeno. Entre los productos con antioxidantes, más consumidos, están aquellos con: vitamina E: aguacate, aceite de oliva, arroz integral, frutas secas; con vitamina C: acelgas, tomates (licopeno), todos los cítricos (limón, naranja, mandarina), además kiwi, fresa, guayaba; con β -caroteno: zanahoria, espinacas, mango, melón; con flavonoides: té verde, vino, manzana, o peras. Además, hay antioxidantes en el ajo, cebolla, ginseng, ginko, avena, sauco (gripa), hierbabuena, menta, albacá, Jamaica, chaya, calabacita, betabel y verdolagas. El tomate de árbol tiene una cantidad moderada de antioxidantes y el noni una cantidad elevada (Coronado y col. 2015).

Los antioxidantes no enzimáticos, nos lo proporcionan los alimentos (frutas y verduras): polifenoles, carotenoides, vitaminas y minerales y se podrían considerar como agentes preventivos, por ello que la demanda del consumo de alimentos antioxidantes se ha incrementado. Entre ellos tenemos a los polifenoles que son el grupo de antioxidantes naturales más amplio en frutas y verduras; sin embargo, se debe considerar que el contenido de estos varía, ya que diversos autores mencionan que, la parte no comestible de las frutas (por ejemplo, cáscara, semillas, etc.) puede tener mayores contenidos nutricionales que la parte comestible (pulpa), es decir, contenido de compuestos bioactivos con mayor actividad antioxidante. Septiembre-Malaterre, Stanislas, Douraguia y Gonthiera (2016) evaluaron las propiedades nutricionales y antioxidantes de plátano, litchi, mango, papaya, maracuyá y piña, informaron cantidades totales de carbohidratos, vitamina C y carotenoides de 7.7–67.3 g de equivalente de glucosa, 4.7–84.9 mg de equivalente de ácido ascórbico y 26.6–3829.2 μ g de equivalente de β -caroteno/100 g de peso fresco, respectivamente. Los polifenoles se detectaron como los antioxidantes más abundantes (33.0–286.6 mg de equivalente de ácido gálico/100 g de peso fresco) con el mayor contenido de la fruta de la pasión. El análisis UPLC-MS permitió identificar epigallocatequina y derivados de quercetina de banano y litchi, ácidos férul, sinápico, jeringo y gálico de piña y mango, y piceatannol de maracuyá. Los extractos ricos en polifenol protegen los glóbulos rojos y las células preadiposas contra el estrés oxidativo. En conjunto, estos hallazgos destacan los beneficios nutricionales de las frutas tropicales y su posible interés por mejorar las capacidades antioxidantes del cuerpo durante la obesidad. A continuación, se muestra el contenido de antioxidante presente en frutas tropicales obtenidos por diferentes métodos.

Métodos para determinar el contenido de antioxidantes

La actividad antioxidante de los extractos no se puede validar razonablemente por un solo método debido a la naturaleza compleja de fitoquímicos y sus interacciones, de ahí la importancia de la utilización de múltiples sistemas de ensayo (Ramful et al. 2011; Moo et al. 2015). Existen varios métodos establecidos para la extracción de antioxidantes a partir de materiales vegetales, esos métodos varían en solventes y condiciones utilizadas de temperatura, presión, agitación, tiempos. El método de extracción es esencial para la cuantificación precisa del contenido de antioxidante, por lo tanto, esto dificulta la comparación de datos de informes reportados en la literatura. Existen diversos métodos para evaluar la actividad antioxidante. Las determinaciones de la capacidad antioxidante realizadas *in vitro* dan tan sólo una idea aproximada de lo que ocurre en situaciones complejas *in vivo*. La capacidad antioxidante depende del microambiente en que se encuentra el compuesto. Alternativamente, diversos compuestos cromógenos (ABTS, DPPH, DMPD, DMPO y FRAP) son utilizados para determinar la capacidad antioxidante.

El método DPPH, es conocida como la técnica que emplea el 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo como radical. Este es un radical libre estable que se puede obtener directamente disolviendo el reactivo en un medio orgánico. La reducción de este se evalúa por la disminución de la absorbancia a una longitud de onda característica. El DPPH en su forma común de radical libre absorbe a 515 nm y cuando este sufre una reducción por un antioxidante, esta absorción se desaparece. Para finalizar, la desaparición de DPPH otorga un índice para determinar la capacidad del compuesto para captar radicales; estos antioxidantes actúan como anti radical donando átomos de hidrogeno, como resultado se establecen estructuras estables que detendrán la reacción en cadena, como en el caso de los fenoles. Este método tiene como principio básico en el que el radical tiene un electrón desapareado, de coloración azul violeta, el cual va reduciendo su color hacia amarillo pálido al reaccionar con una sustancia antioxidante, el resultado de la absorbancia se mide a través del espectrofotómetro a una longitud de 515 nm. El cual es indispensable para determinar los parámetros de las propiedades antioxidantes que son obligatorias para lograr el estado estacionario y lograr la reacción redox. La diferencia de absorbancia reporta el porcentaje de captación de radicales libres (Muedas, La Rosa y Robles, 2008b).

Por lo tanto, el método consiste en monitorizar la desaparición del radical DPPH⁺ causada por la edición de una muestra que contiene antioxidantes. Cuando una disolución de DPPH entra en contacto con una sustancia que puede donar un átomo de hidrógeno o con otra especie radical, se produce la forma reducida con la consecuente pérdida de color y, por lo tanto, pérdida de la absorbancia (Molyneux, 2004).

El método ABTS tiene que ser generado tras una reacción que puede ser química (dióxido de manganeso, persulfato potasio, ABAP), enzimática (peroxidase, mioglobulina), o también electroquímica. Con el ABTS se puede medir la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica. El radical ABTS^{•+} tiene la ventaja de que su espectro presenta máximos de absorbancia a 414, 654, 754 y 815 nm en medio alcohólico. Según Mesa-Vanegas et al. (2010) este método se fundamenta en la cuantificación de la decoloración del radical ABTS^{•+}, debido a la interacción con especies donantes de hidrógeno o de electrones.

El radical catiónico ABTS^{•+} es un cromóforo que absorbe a una longitud de onda de 734 nm y se genera por una reacción de oxidación del ABTS (2,2'-azino-bis-[3-etil benzotiazolin-6-sulfonato de amonio]) con persulfato de potasio. En la evaluación pueden utilizarse cantidades en microlitros de extracto y de la solución del radical ABTS^{•+}. Es necesario un tiempo de reacción de 30 minutos a temperatura ambiente y en la oscuridad. La referencia del reactivo consistirá en una solución del radical ABTS^{•+} con el solvente de la muestra. Los resultados se expresan como valores TEAC (Trolox equivalente a capacidad antioxidante) mediante la construcción de una curva patrón, usando como antioxidante Trolox.

Método FRAP, Este método se basa en la reducción del complejo TPTZ-Fe³⁺ a TPTZ-Fe²⁺ por acción de los compuestos antioxidantes, dando un color azul que absorbe a 593 nm, cuya intensidad está en relación directa con la capacidad reductora de la muestra analizada (Carvajal de Pabón, 2011).

Método Folin-Ciocalteu, El reactivo está compuesto por una mezcla de ácidos fosfotungstácico y fosfomolibdico en medio básico, los que sufren reducción al oxidar los compuestos fenólicos, originando un complejo wolframio-molibdeno de color azul cuya absorbancia es dependiente de la concentración de los polifenoles de la muestra y se midió en un espectrofotómetro a 725 nm. Los resultados se expresan como mg equivalentes de ácido gálico/100 g de muestra fresca.

Los compuestos fenólicos cuantificados en los extractos de las frutas son de gran importancia debido a que constituyen un grupo de metabolitos secundarios que se consideran antioxidantes naturales con múltiples beneficios biológicos para el ser humano, tales como la prevención de enfermedades cardiovasculares y degenerativas. En frutas se ha encontrado que los principales compuestos presentes son, en su mayoría, ácidos fenólicos, flavonoides y taninos, no obstante, también se han encontrado fitoquímicos como vitamina C (ácido ascórbico), ácido fólico (vitamina B) y β-carotenos (provitamina A), lo que permite establecer que el consumo de frutas incrementa la ingesta de compuestos bioactivos con múltiples propiedades para la salud humana. Una de las frutas ampliamente consumida es la naranja en forma de jugo. La fracción hidrofílica de la naranja se compone principalmente de vitamina C y compuestos fenólicos, tales como ácidos hidroxicinámicos (ácido ferúlico, ácido p-cumárico, ácido sinápico y ácido caféico) y flavonoides glicosilados, específicamente flavanonas (hesperidina y narirutina) (Kuskoski, et al. 2005; Encina Zelada, et al. 2013). En el estudio de la actividad antioxidante se realizan diferentes ensayos con el fin de comparar y determinar los diferentes resultados con respecto a un extracto. Estos análisis experimentales son específicos para el tipo de compuestos con actividad antioxidante, hidrofílica o lipofílica.

Tendencia de la industria de bebidas de jugos formulados a base de frutas tropicales

El mercado de jugos es uno de los mercados de productos más innovadores y competitivo en el sector de alimentos y bebidas. Impulsado por el aumento de la conciencia y la preferencia de los consumidores por productos saludables, sustituyendo las bebidas carbonatadas (Baourakis y Baltas, 2004). Los jugos de frutas forman parte de lo que se denomina "bebidas de la nueva era". Actualmente, las bebidas naturales, que no tienen aditivos o conservadores químicos gobiernan el mercado de jugos de frutas, y las bebidas hechas de ingredientes orgánicos están ganando popularidad. En sintonía con la creciente inclinación del consumidor hacia opciones más saludables,

Los fabricantes están lanzando a nivel mundial numerosos productos nuevos e innovadores para estimular las ventas a través de innovaciones en mezclas de sabores, niveles de calorías y dulzor, y beneficios funcionales (Annette, 2008). El mercado de jugos de frutas depende de la distribución geográfica y la disponibilidad de la fruta salud. En el estado de Veracruz, México prevalece el clima tropical, por lo que se cultiva una gran variedad de frutas tropicales, las cuales no han tenido un aprovechamiento máximo, obteniéndose grandes pérdidas de postcosecha. Por otra parte, de las frutas tropicales que se cultivan en los hogares como guayaba, nanche, almendra, etc. Las personas no tienen conocimiento de los beneficios funcionales que otorgan al ser consumidas. Actualmente se tiene una tendencia predominante de preferencia por las bebidas de jugo en la mayoría de Asia y países latinoamericanos. Las economías en crecimiento como China e India presentan oportunidades lucrativas en términos de consumidores potenciales (Annette, 2008).

Los consumidores prefieren cada vez más jugos de frutas naturales o que presentan un contenido de 100% de fruta (zumo concentrado). Presentándose una oportunidad de crecimiento para las empresas que fabrican jugos, por lo tanto, los fabricantes actualmente también se están aventurando en bebidas funcionales (Persistence Market Research Report, 2015). Las frutas tropicales se están incorporando fácilmente en Jugos saludables debido a la presencia de altos niveles de polifenoles presentes de forma natural en ellos. Los fabricantes están aprovechando la oportunidad específica para atraer a los consumidores conscientes de la imagen al mercado de jugos de frutas mediante el desarrollo de bebidas funcionales que se centran en mejorar la apariencia saludable de la piel, el cabello y las uñas (Priyadarshini y Priyadarshini, 2018).

Consideraciones finales

Debido a que, en el estado de Veracruz, México, es un estado productor de frutas tropicales, sin embargo, no se tiene un adecuado aprovechamiento de estos productos y los agricultores presentan pérdidas económicas. Pueden ser las bebidas formuladas a base de frutas tropicales con propiedades antioxidantes, una alternativa para el aprovechamiento de estos productos que se cultivan en el estado Veracruz, México. De igual forma, productos formulados a base de frutas tropicales con propiedades nutricionales pueden ser aplicados en la industria farmacéutica mejorando el acceso al mercado de alimentos funcionales. Como perspectivas futuras se puede prever un crecimiento a nivel mundial de la industria de jugos de frutas tropicales con alto contenido de antioxidantes por los beneficios a la salud que busca actualmente el consumidor.

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz por los apoyos otorgados para ser sede de la gira ECORFAN-México y abrir la posibilidad de la publicación del capítulo del libro.

Conclusiones

Es necesario evaluar el contenido de antioxidantes en frutas tropicales cultivadas en el estado de Veracruz, México, en cada una de las etapas de maduración de la fruta, que nos permita seleccionar frutas tropicales con alto contenido de antioxidante para establecer formulaciones de bebidas funcionales que mejoren la salud del consumidor y que permita a futuro introducirlas al mercado de la industria alimentaria de bebidas.

Referencias

Abdalla, A. E. M., Darwish, S. M., Ayad, E. H. E. y El-Hamahmy, R.M. (2007). Egyptian mango by-product 1. Compositional quality of mango seed kernel. *Food chemistry*, 103(4), 1134-1140. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.017>

Aguilera, M., reza, M., Chew, R. y Meza, J. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista BIOtecnia, Universidad de Sonora. México*. 8(2), 16-22. <http://doi.org/10.18633/bt.v13i2.81>

- Almeida, B.M.M., De Sousa, P.H.M., Arriaga, C.A.M., Do Prado, G.M. y Magalhães, C.C.M. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Research International*. 44, 2155–2159.
- Alothman, M., Bhat, R. y Karim, A. A. (2009). Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chemistry*, 115(3), 785–788. doi:10.1016/j.foodchem.2008.12.005
- Ajila, C.M., A, Naidu, S.G. Bhat y U. Prasada. (2007). Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chem*. 105(3), 982-988. Doi: 10.1016/j.foodchem.2007.04.05
- Martínez, M. M. A., Vicario, M, I. y Heredia, J.F. (2015). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos Área de Nutrición y Bromatología. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla Sevilla, España. sci-hub.tw/10.0000/idus.us.es/11441/26409
- Carvajal de Pabón, L. (2011). Algunas especies de *Passiflora* y su capacidad antioxidante. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 16(4), 354-363.
- Coronado, M.H., Y León, V.L., Gutiérrez, T.R., Vázquez, F. M. y Radilla, C. V. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Rev Chil Nutr*. 42, 2.
- Dembitsky, V., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Vearasilp, S., Trakhtenberg, S. y Gorinstein, S. (2011). The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. *Food Research International* 44 (7): 1671 – 1701. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.003>
- Deenanath ED, Rumbold K, Daramola M, Falcon R, y Iyuke S. (2015). Evaluation of physicochemical properties of South African cashew Apple juice as a biofuel feedstock. *Scientific*: 764196 . <http://dx.doi.org/10.1155/2015/764196>
- Ding, P. (2017). Tropical Fruits. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, 431–434. doi:10.1016/b978-0-12-394807-6.00185-4
- Dorta, E., Lobo, G., y González, M. (2012). Using drying treatments to stabilize mango peel and seed : Effect on antioxidant activity. *Food Sci. Techn*. 45(2):261 - 268. doi:10.1016/j.lwt.2011.08.016
- Encina Zelada, C.R., Bernal Sánchez, A.P. y Rojas Hurtado, D. (2013). Efecto de la temperatura de pasteurización y proporción de mezclas binarias de pulpa de carambola y mango sobre su capacidad antioxidante lipofílica. *Ingeniería industrial*. 31, 197-219.
- Farahani, M., Salehi-Arjmand, H., Khadivi, A., y Akramian, M. (2019). Chemical characterization and antioxidant activities of *Morus alba* var. nigra fruits. *Scientia Horticulturae*, 253, 120–127. doi:10.1016/j.scienta.2019.04.040
- Fernández-Palmar, V., Varela, H. J.D. y Rodríguez, S.B. (2016). Physico-chemical characterization and antioxidant activity of mango fruits (*Mangifera indica*) cv. Tommy Atkins. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 33:216-231.
- Jasminder Kaur, Xavier Rathinam, Marimuthu Kasi1, Khoo Miew Leng, Rajasekaran Ayyalu, Kathiresan S, y Sreeramanan S. (2010) Preliminary investigation on the antibacterial activity of mango (*Mangifera indica* L: *Anacardiaceae*) seed kernel. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* 707-710. DOI: 10.1016/S1995-7645(10)60170-8
- Jeong HK, Lee D, Kim HP, y Baek S-Hoon. (2019). Structure analysis and antioxidant activities of an amylopectin-type polysaccharide isolated from dried fruits of *Terminalia chebula*, *Carbohydrate Polymers*. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.01.097>

- Jiménez, A., Sierra C., Rodríguez R., González M., Heredia F., y Osorio C. (2011). Physicochemical characterisation of gulupa (*Passiflora edulis* Sims) fruit from Colombia during the ripening. *Food Research International* 44 (7): 1912 – 1918. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.007>
- Henao-Castaño M. (2011). El Corozo De Teta O Corozo (*Bactris Minor*). Universidad Nacional De Medellín. <Http://Www.Unalmed.Edu.Co/~Crsequed/Corozo.Htm> Consultado El 10 De noviembre De 2011.
- Herrera, F., Betancur, D. y Segura, M. (2014). Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad; péptidos biológicamente activos. *Nutrición Hospitalaria* 29 (1): 10 – 20. <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.29.1.6990>
- Kalaiselvil M, Gomathil D, Ravikumar I G, Devakil K, y Uma C. (2013). Ameliorative effect of *Ananus comosus* peel on 7, 12 dimethylbenz (alfa) anthracene induced mammary carcinogenesis with reference to oxidative stress. *Journal of Acute Disease*. 22-28
- Kim, H., J. Yong, H. Kim, D. Lee, M. Cho, H. Choi, Y. Kim, A. Mosaddik y S. Kim. (2010). Antioxidant and antiproliferative activities of mango (*Mangifera indica* L.) flesh and peel. *Food Chem.* 121(2), 429-436. Doi: 10.1016/j.foodchem.2009.12.060
- Kodama, D., Goncalvez, A., Lajolo, F., y Genovese, M. (2010). Flavonoids, total phenolics and antioxidant capacity: comparison between commercial Green tea preparations. *Ciencia y Tecnología de Alimentos. Brasil*, 30(4), 1077-1082.
- Kuskoski, E.M., Asuero, A.G., Troncoso, A.M., Mancini-Filho, J. y Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 25(4): 726-732.
- Lawrence A. Olatunji, John I. Okwusidi y Ayodele O. Soladoye (2005). Antidiabetic Effect of *Anacardium occidentale*. Stem-Bark in Fructose-Diabetic Rats, *Pharmaceutical Biology*, 43:7, 589-593, DOI: 10.1080/13880200500301712
- Li, Y., Ambrosone, Ch., Mc Cullough, M., Ahn, J., Stevens, V., Thun, M., y Hong, Ch. (2009). Oxidative stress-related genotypes, fruit and vegetable consumption and breast cancer risk. *Carcinogenesis*. 2009; 30 (5): 777-84.
- Luximon-Ramma, A., Bahorun, T., Crozier, A., Zbarsky, V., Datla, K.P., Dexter, D.T., y Aruoma, O.I. (2005). Characterization of the antioxidant functions of flavonoids and proanthocyanidins in Mauritian black teas. *Food Research International*, 38, 357–367. doi:10.1016/j.foodres.2004.10.005
- Mahattanatawee, K., Manthey, J., Luzio, G., Talcott, S., Goodner, K., y Baldwin, E. (2006). Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 54: (19) 7355 – 7363. DOI: 10.1021/jf060566s
- Maia, G. A., da Silva, L. M. R., do Prado, G. M., Fonseca, A. V. V., de Sousa, P. H. M., y de Figueiredo, R. W. (2019). Development of Mixed Beverages Based on Tropical Fruits. *Non-Alcoholic Beverages*, 129–162. doi:10.1016/b978-0-12-815270-6.00005-0
- Masibo, M., y He, Q. (2008). Major mango polyphenols and their potential significance to human health. *Comprehensive reviews in Food science and Food safety*, 7(4), 309-319. doi: 10.1111/j.1541-4337.2008.00047.x
- Melo AFM, Santos EJV, Souza LFC, Carvalho AAT, Pereira MSV, y Higino JS.(2006). *In vitro* antimicrobial activity of an extract of *Anacardium occidentale* L. against *Streptococcus* . *Rev. Bras. Farmacogn*;16:202-5 <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2006000200012>.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrilhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *J. Sci Technol* 2004, 26:211-219.

- Moo-Huchin, V. M., Estrada-Mota, I., Estrada-León, R., Cuevas-Glory, L., Ortiz-Vázquez, E., Vargas, M. de L. V. y Sauri-Duch, E. (2014). Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry*, 152, 508–515. doi:10.1016/j.foodchem.2013.12.013
- Morales-Cruz, Alfredo; Rodiz-Torres, Lorena; Fosado-Cruz, Reyna; Carrillo-Landeros, Jesús Eduardo y Chávez-Reyes, Yanet. (2018) Comparación de dos métodos de deshidratación del pseudofruto del marañón (*anacardium occidentale*) sobre los compuestos bioactivos. *Revista del Centro de Graduados e Investigación. Instituto Tecnológico de Mérida*. Vol. 33 núm. 73, ISSN 0185-6294 pp. 170-174.
- Moreno, E., Ortiz, B.L. y Restrepo, L.P. (2014). Contenido total de fenoles y actividad antioxidante de pulpa de seis frutas tropicales. *Rev. Colomb. Quim.* 43 (3), 41-48.
- Moura Neto, L.G., Sousa Lira, J., Silva Torres, M.M.F., Barbosa, I.C., Amarante Melo, G.F., Soares, D.J. (2016). Development of a mixed drink made from hydrosoluble soybean extract, coconut water and umbu pulp (*Spondias tuberosa*). *Acta Sci. Technol.* 38, 371.
- Muedas, G., La Rosa, A., y Robles, J. (2008). Evaluación electroquímica de la actividad antioxidante del extracto alcohólico de la *Bauhinia guianensis* var. Kuntiana Aubl. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(4), 233-246.
- Muñoz, J. A. M., Ramos-Escudero, F., Alvarado-Ortiz, U. C., Castañeda, C. B., y Lizaraso, C. F. (2009). Evaluación de compuestos con actividad biológica en cáscara de camu camu (*Myrciaria dubia*), Guinda (*Prunus serotina*), Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) y Carambola (*Averrhoa carambola* L.) cultivadas en Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 75, núm. 4, pp. 431 Lima, Perú.
- Murillo, E., y Carrasquilla, Islam, M. (2000). “Actividad Antioxidante de frutas tropicales”. *Revista Latinoamericana de Química*. Vol 28: 84-85.
- Nidia, C. F., Noralda, D. y Camilo, R. (2016). Utilization of dehydrated mango (*Mangifera indica* L.) peels in the preparation of herbal teas. *Agronomía Colombiana* 34(1Supl.), S325-S328, 2016 ISSN: 0120-9965. Doi: 10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58088
- Olivera, E. M. (2012). Evaluación de subproducto obtenido en la elaboración de jugos de mango y guayaba como fuente de fibra antioxidante. facultad de química. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Palomino, M., Guija, E., y Lozano, N. (2009). Propiedades antioxidantes de la guayaba (*Psidium guajava* L.). *Rev Soc Quím Perú*. 75 (2): 227-34.
- Priyadarshini, A., y Priyadarshini, A. (2018). Market Dimensions of the Fruit Juice Industry. *Fruit Juices*, 15–32. doi:10.1016/b978-0-12-802230-6.00002-3
- Rodiz-Torres, Lorena; Morales-Cruz, Alfredo; Carrillo-Landeros, Jesús Eduardo y Chávez-Reyes, Yanet. (2018).Deshidratación con microondas del bagazo de carambola y semilla de mango, efecto en fenoles y fibra. *Revista del Centro de Graduados e Investigación. Instituto Tecnológico de Mérida*. Vol. 33 núm. 73 ISSN 0185-6294 pp. 158-166.
- Septembre-Malaterre, A., Stanislas, G., Douraguia, E. y Gonthiera, M.P. (2016). Evaluation of nutritional and antioxidant properties of the tropical fruit's banana, litchi, mango, papaya, passion fruit and pineapple cultivated in Réunion French Island. *Food Chemistry*. 212 (1), 225-233.
- Serna, L., C. Torres y A. Ayala. (2015). Evaluación de polvos alimentarios obtenidos de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) como fuente de ingredientes funcionales. *Inf. Tecnol.* 26(2), 41-50. Doi: 10.4067/S0718-07642015000200006
- Serna, L., E. García y C. Torres. 2016. Agro-industrial potential of the mango peel based on its nutritional and functional properties. *Food Rev. Int.* 32(4), 364-376. Doi: 10.1080/87559129.2015.1094815

- Tuesta, G., Orbe, P., Merino, C., Rengifo, E. Cabanillas, B. (2014). Actividad antioxidante y determinación de compuestos fenólicos del caimito (*Pouteria caimito*), Caimitillo (*Chrsophyllum sanguinolentum*), Guava (*Inga edulis*) y yarina (*Phytelephas macrocarpa*). 23 (1): 87 - 92.
- Ugwuona, F.U. y Onweluzo, J.C. (2013). Assessment of Antioxidant Properties of Tamarind Fruit Pulp and its Effect on Storage Stability of African Bread Fruit Seed dhal and Flour. Official Journal of Nigerian Institute of Food Science and Technology. 31, 2, 41 – 47.
- Vargas, Marilú (2008). Cuantificación de la actividad antioxidante en dos estados de madurez de la carambola (*averrhoa carambola l.*) Tesis. Departamento de Ingeniería en industrias Alimentarias. Huancayo, Perú. Pág. 48.
- Vázquez-Briones, M. del C., Ricardo-Hernández, L. y Guerrero-Beltrán, J.A, (2015). Physicochemical and Antioxidant Properties of *Cymbopogon citratus* Essential Oil. Journal of Food Research. 4(3), 36-45. URL: <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v4n3p36>
- Vázquez-Briones, María del Carmen, y Guerrero-Beltrán, José Ángel. (2017). Efecto del aceite esencial de *Cymbopogon citratus* sobre propiedades fisicoquímicas en películas de quitosano. Scientia Agropecuaria, 8(4), 401-409. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.11>
- Víctor Moo-Huchin, Iván Estrada-Mota, Wilma Piña-Canché, Abraham Can- Cauich, Luis Cuevas-Glory, y Enrique Sauri-Duch. (2014) Compuestos Bioactivos De Frutas Tropicales Cultivados En Yucatán. Instituto Tecnológico Superior de Calkiní Campeche, México.
- Zou, Z., Xi, W., Hu, Y., Nie, C., y Zhou, Z. (2016). Antioxidant activity of Citrus fruits. Food Chemistry, 196, 885–896. doi:10.1016/j.foodchem.2015.09.072

Instructions for Scientific, Technological and Innovation Publication

[Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1^{er} Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2^{do} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2^{do} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Citación: Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 1^{er} Autor. Apellido, Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 1^{er} Coautor. Apellido, Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 2^{do} Coautor. Apellido, Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 3^{er} Coautor. Apellido

Correo institucional [Times New Roman No.10]

Primera letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre Editores. Apellidos (eds.) *Título del Proceeding [Times New Roman No.10]*, Temas Selectos del área que corresponde ©ECORFAN- Filial, Año.

**ECORFAN® Todos los derechos reservados-México-Bolivia-Spain-Ecuador-Cameroon-Colombia
Salvador-Guatemala-Paraguay-Nicaragua-Peru-Democratic Republic of Congo-Taiwan**

Instructions for Scientific, Technological and Innovation Publication

Abstract

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo, en inglés.

Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.12

1 Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?.

Enfocar claramente cada una de sus características.

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Capítulo.

Desarrollo de Secciones y Apartados del Capítulo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Capítulos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del Capítulo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte Superior con Times New Roman No.12 y Negrita, señalando la fuente en la parte Inferior centrada con Times New Roman No. 10]

Tabla 1.1 Título

Variable	Descripción	Valor
P ₁	Partición 1	481.00
P ₂	Partición 2	487.00
P ₃	Partición 3	484.00
P ₄	Partición 4	483.50
P ₅	Partición 5	484.00
P ₆	Partición 6	490.79
P ₇	Partición 7	491.61

Fuente de Consulta:

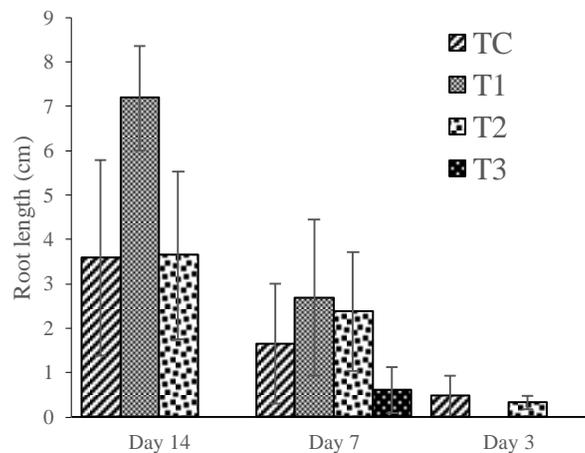
(No deberán ser imágenes, todo debe ser editable)

Figura 1.1 Título



Fuente de Consulta:
(No deberán ser imágenes, todo debe ser editable)

Gráfico 1.1 Título



Fuente de Consulta:
(No deberán ser imágenes, todo debe ser editable)

Cada Capítulo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$\int_{lim^{-1}}^{lim^1} = \int \frac{lim^1}{lim^{-1}} = \left[\frac{1(-1)}{lim} \right]^2 = \frac{(0)^2}{lim} = \sqrt{lim} = 0 = 0 \rightarrow \infty \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados.

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Capítulo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Instructions for Scientific, Technological and Innovation Publication

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Capítulo.

Ficha Técnica

Cada Capítulo deberá presentar en un documento Word (.docx):

Nombre del Proceeding

Título del Capítulo

Abstract

Keywords

Secciones del Capítulo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del [Formato de Originalidad](#) del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del [Formato de Aceptación](#) del Autor y Coautores

Reserva a la Política Editorial

ECORFAN Proceedings se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar la Obra Científica a la Política Editorial del ECORFAN Proceedings. Una vez aceptada la Obra Científica en su versión final, el ECORFAN Proceedings enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación de la Obra Científica.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito de la Obra Científica, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución.

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de la Obra Científica que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes de la Obra Científica deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia de la Obra Científica propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título de la Obra Científica:

- El envío de una Obra Científica a ECORFAN Proceedings emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Obra Científica, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en esta Obra Científica ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en la Obra Científica, así como las teorías y los datos procedentes de otras Obras Científicas previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Obra Científica se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding México considere pertinentes para divulgación y difusión de su Obra Científica cediendo sus Derechos de Obra Científica.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de esta Obra Científica se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en la Obra Científica.

Copyright y Acceso

La publicación de esta Obra Científica supone la cesión del copyright a ECORFAN-Mexico, S.C en su Holding México para su ECORFAN Proceedings, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada de la Obra Científica y la puesta a disposición de la Obra Científica en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título de la Obra Científica:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre la Obra Científica enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio a la Obra Científica el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de la Obra Científica. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con la Obra Científica que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter la Obra Científica a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Obras Científicas son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Obra Científica definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza de la Obra Científica presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Proceedings con PLAGSCAN

Evaluación de Obra Científica

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Obra Científica

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Publicación de Obra Científica

Certificado de Obra Científica

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

143 - 50 Itzopan, Ecatepec de Morelos – México. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MSc

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

REYES-VILLO, Angélica. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN®- Mexico- Bolivia- Spain- Ecuador- Cameroon- Colombia- El Salvador- Guatemala- Nicaragua- Peru- Paraguay- Democratic Republic of The Congo- Taiwan),sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

143 - 50 Itzopan, Ecatepec de Morelos – México.

21 Santa Lucía, CP-5220. Libertadores -Sucre – Bolivia.

38 Matacerquillas, CP-28411. Morzarzal –Madrid-España.

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenida, Salinas I - Santa Elena-Ecuador.

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú.

Boulevard de la Liberté, Immeuble Kassap, CP-5963.Akwa- Douala-Camerún.

Avenida Suroeste, San Sebastian - León-Nicaragua.

31 Kinshasa 6593- Republique Démocratique du Congo.

Avenida San Quentin, R 1-17 Miralvalle - San Salvador-El Salvador.

16 kilómetros, carretera estadounidense, casa Terra Alta, D7 Mixco Zona 1 -Guatemala.

105 Alberdi Rivarola Capitán, CP-2060. Luque City- Paraguay.

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán.

43 Calle # 30 -90 B. El Triunfo CP.50001. Bogotá-Colombia.

