

Sapiens+

Ciencia, Tecnología e Innovación

**¿QUÉ ES UNA
BIOPELÍCULA DE
MICROORGANISMOS
DE AMBIENTES
MINEROS?**

**LOS ALACRANES Y SU
REACCIÓN A LA LUZ**

**GUÍAS DE
EXCURSIONES
BOTÁNICAS
EN DURANGO:
IMPULSANDO EL
ECOTURISMO Y LA
CULTURA AMBIENTAL**

**DESULFURACIÓN
O ELIMINACIÓN
DE SULFURO DE
HIDRÓGENO EN EL
BIOGÁS**

**EL MUÉRDAGO
VERDADERO, UN
ENEMIGO SILENCIOSO**



DIRECTORIO

DR. ESTEBAN ALEJANDRO VILLEGAS VILLARREAL
Gobernador del Estado de Durango

DR. GUILLERMO ADAME CALDERÓN
Secretario de Educación en el Estado

DR. JOSÉ BETANCOURT HERNÁNDEZ
Director General del COCyTED

C.P. CÉSAR ERNESTO MARTÍNEZ GUERRERO
Director de Administración y Planeación del COCyTED

M.C. SOFÍA CARRILLO LECHUGA
Directora Regional Laguna del COCyTED

DRA. BLANCA DENIS VÁZQUEZ CABRAL
Jefa del Departamento de Desarrollo Científico

M.C. FRANCISCO ZALDÍVAR ORONA
Jefe del Departamento de Formación de Capital Humano

ING. JORGE ENRIQUE CANTELLANO VARGAS
Jefe del Departamento de Difusión y Divulgación de la CTI

Diseño
ING. ADAN EDMUNDO MARTÍNEZ ROSAS
Comunicación Social COCyTED

Año 4, Número 8. Impresa en los talleres de Centro de Impresión y Diseño, S.A. de C.V. en Durango, Dgo., México.
Periodicidad de las Publicaciones: Cuatrimestral

Los artículos publicados en esta revista, expresan la opinión de sus autores y no representan forzosamente el punto de vista del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango (COCyTED)

Las imágenes e ilustraciones incluidas en los artículos, son responsabilidad del o los autores del mismo.

COMITÉ EDITORIAL

Presidente

DR. RUBÉN FRANCISCO GONZÁLEZ LAREDO

Vocales

DRA. NORMA ALEJANDRA RODRÍGUEZ MUÑOZ
DRA. SOCORRO GONZÁLEZ ELIZONDO
DRA. ANGÉLICA LECHUGA QUIÑONES
M.C. MARÍA DEL CARMEN ORRANTE REYES
DR. MARCELO BARRAZA SALAS
DR. GERARDO MARTÍNEZ AGUILAR
DR. JOSÉ SALAS PACHECO
DR. BENEDICTO VARGAS LARRETA
DR. JAIME SÁNCHEZ SALAS
DR. FRANCISCO CARRETE CARREÓN
DR. JESÚS GUADALUPE ARREOLA ÁVILA

Diseño

Centro de Impresión y Diseño, S.A. de C.V.

Correo de Contacto:

sapiens.cocyted@gmail.com



CONTENIDO

- 4** DRA. MARTHA RODRÍGUEZ MORÁN, INVESTIGADORA SNI NIVEL III
- 6** DESARROLLO DE UN ALIMENTO EXTRUDIDO PARA TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) A BASE DE HARINA DE ALGODÓN
- 10** ¿QUÉ ES UNA BIOPELÍCULA DE MICROORGANISMOS DE AMBIENTES MINEROS?
- 12** CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA DE RIEGO PARA LOS PROCESOS DE BIOFORTIFICACIÓN EN CULTIVOS DE FRIJOL. CASO CHOCONTÁ-COLOMBIA
- 16** EMULSIONES ORGANOGELADAS: CARACTERIZACIÓN DE NOVEDOSOS SISTEMAS CON POTENCIAL DE SUSTITUIR LAS GRASAS SATURADAS Y TRANS EN LOS ALIMENTOS
- 22** ¿QUÉ SON LAS MICROALGAS?
- 26** SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE MICROALGAS
- 30** EL MUÉRDAGO VERDADERO, UN ENEMIGO SILENCIOSO
- 34** GUÍAS DE EXCURSIONES BOTÁNICAS EN DURANGO: IMPULSANDO EL ECOTURISMO Y LA CULTURA AMBIENTAL
- 38** DISEÑO HIDROLÓGICO CON LÍNEA CLAVE: METODOLOGÍA PARA CONSERVAR SUELO EN EL EJIDO SAN JOSÉ DE TUITÁN, NOMBRE DE DIOS, DGO.
- 44** LA DIETA UN FACTOR MODIFICABLE, Y SU RELACIÓN CON LA DEPRESIÓN Y ESTRÉS EN ALUMNOS DE PREGRADO
- 48** LOS ALACRANES Y SU REACCIÓN A LA LUZ
- 53** BLOQUES MULTINUTRICIONALES CON NOPAL FERMENTADO: UNA ALTERNATIVA DE ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES EN ÉPOCA DE SEQUÍA
- 57** USO POTENCIAL DE *Cannabis Sativa* L. COMO ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES
- 62** DESULFURACIÓN O ELIMINACIÓN DE SULFURO DE HIDRÓGENO EN EL BIOGÁS
- 66** SUPLEMENTOS A BASE DE CÚRCUMA (*Curcuma Longa* L.) PARA TRATAR TRASTORNOS METABÓLICOS ASOCIADOS A LA OBESIDAD

EDITORIAL

Sapiens+ es la revista que el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango tiene al servicio de la sociedad, espacio en el cual nuestros Investigadores e Investigadoras publican los resultados de sus esfuerzos en todas y cada una de las áreas donde desarrollan sus tareas en la búsqueda de mayor conocimiento, nuestro gobernador, el Dr. Esteban Alejandro Villegas Villarreal, prioriza la educación en el Estado con el objetivo de colocarlo dentro de los primeros lugares a nivel nacional en calidad educativa.

En esta edición se publican los artículos como parte del compromiso adquirido en los convenios de colaboración de los recursos aplicados para proyectos de investigación desarrollados en el periodo 2020 al 2022, y que el COCyTED pone al alcance de toda la comunidad científica, tecnológica y sociedad en general, información actualizada y de calidad; todos ellos analizados por Comité Editorial, que en apoyo al Consejo y a Ustedes desinteresadamente invierten tiempo y atención en la revisión de contenidos y organización de cada artículo. También, marca el comienzo de otra etapa en la administración de las funciones y estructura que esta revista ha presentado hasta la fecha; Sapiens+ es el medio para divulgar el fruto de su dedicación, un logro que debe ser parte permanente e irrenunciable de nuestras tareas, por ello, es un compromiso nuestro dar a conocer la investigación científica y tecnológica que se desarrolla en nuestro estado, en un lenguaje llano y sencillo al alcance de todos, que despierte en nuestros niños y adolescentes la curiosidad por conocer e involucrarse en la aventura del conocimiento en todas sus modalidades, sembrar aspiraciones hoy a los futuros investigadores.

Estos artículos son el reflejo del arduo trabajo que nuestros investigadores e investigadoras hacen día a día, con la finalidad de generar mejores condiciones de vida en la sociedad Duranguense, ya que cuando el conocimiento despierta en una mente el apetito de querer conocer más, aprender a mayor profundidad lo que ponemos a su alcance, brinda una oportunidad necesaria no solo para quien le nace una inquietud, sino para lo que esa mente ávida de conocimiento pueda multiplicar en otros que comparten su entorno, su tiempo, y sus espacios; es la mejor aportación que ofrecen los artículos que nos comparten, un motor para incentivar una sociedad del conocimiento, con visión hacia el mañana.

Nuestro Estado pasa por momentos difíciles, esto no debe ni impedir ni detener el avance de nuestras tareas, por el contrario, la historia, (que también es ciencia) ha demostrado que las crisis son los episodios que han retado los límites y alcances de la humanidad, han sido oportunidades para crecer y desarrollar, para aspirar a mejorar condiciones de vida rebasando las dificultades; el futuro es hoy, aseguran los grandes pensadores, porque es hoy cuando sin descuidar lo que obstaculiza retomar el ritmo, también debe ser el momento de preparar la cimentación y las acciones que blinden a nuestras generaciones futuras, nunca deberá presentarse otra vez este tipo de situaciones, debemos corregir de inmediato este episodio, superarlo y proteger las instituciones para evitar que vuelva a ocurrir.

Invitamos a nuestros investigadores en ciencias sociales, económicas y jurídicas a ofrecer y presentar propuestas que vayan en este sentido, a generar opciones que faciliten y promuevan una revolución cultural, que rescate lo mejor de nuestra naturaleza; a los investigadores en sistemas y filosofías educativas a proponer métodos y contenidos de enseñanza acordes con el nuevo modelo educativo de Durango, que privilegien su oportunidad a los educandos de nuestros municipios más alejados y a nuestras comunidades en estado de marginación, para que a través de la tecnología y capacitación docente, nuestra juventud tenga un muy merecido porvenir justo e igualitario.

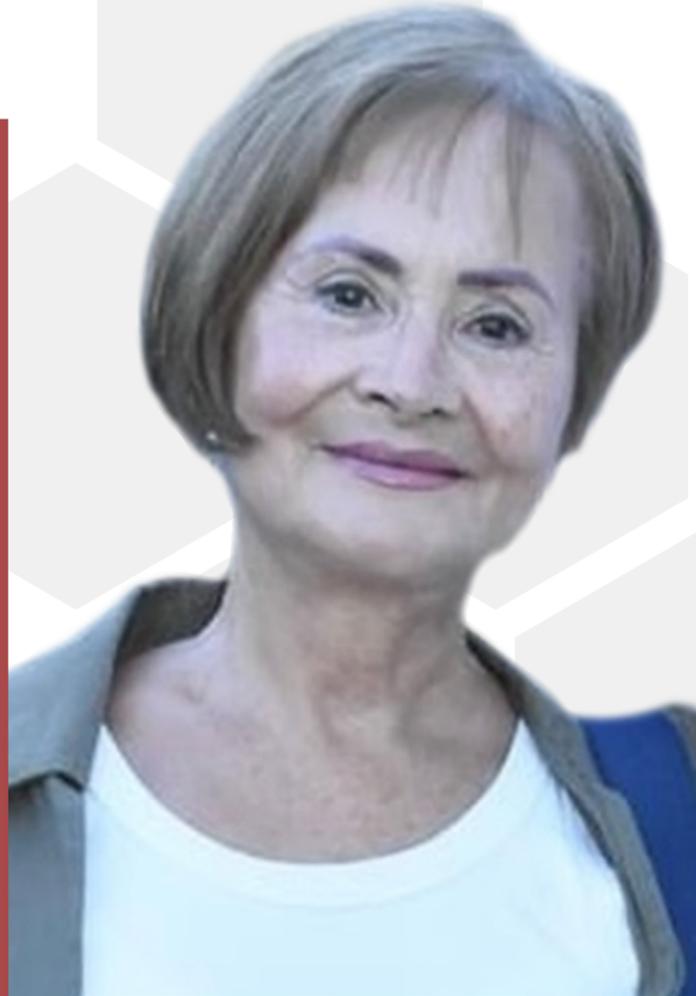
Es impostergable establecer alianzas con la Secretaría de Educación del Estado de Durango (SEED), e instituciones involucradas para obtener proyectos factibles, pertinentes y de alto impacto en los centros educativos, lograr excelencia y permanencia en sus niveles de aprovechamiento académico y en sus aspiraciones a mejorar sus vidas.

En el ámbito de nuestra competencia, cada uno de quienes formamos parte de la comunidad del conocimiento en la academia, la investigación y en el apoyo a sus tareas debemos hacer nuestra parte. Como Consejo, es nuestro compromiso seguir facilitando el cumplimiento de la misión de cada uno de Ustedes, a través de la gestión, apoyo y condiciones que lo permitan, sin embargo, los exhortamos desde sus respectivos espacios, a privilegiar en sus actividades los proyectos interinstitucionales, que realicen y compartan en la medida de lo posible investigaciones conjuntas, compartiendo como premisa “la suma de esfuerzos, multiplique resultados”. Sapiens+ será también el espacio donde lo anterior tenga un apartado para estas intenciones, razón por la cual en los siguientes números abriremos secciones que cumplan con este cometido, y les solicitaremos su apoyo para dar sentido y cumplimiento a estas nuevas metas asociadas.

Estamos trabajando la inclusión de nuevas secciones en este formato de divulgación, para abordar una sección infantil sobre conocimientos útiles extra escolares, experimentos científicos sencillos y apartados de ciencias sociales, historia, geografía, astronomía y lecturas; también una sección sobre tareas y experiencias en ciencia, la tecnología y la innovación con perspectiva de género, divulgar lo que investigadoras locales, nacionales e internacionales están desarrollando en beneficio de nuestra sociedad, y que debe ser parte de nuestra responsabilidad darlas a conocer, saber quiénes somos es a la vez, conocer hasta dónde pueden potencialmente llegar nuestros talentos en formación.

Por último, queremos dar a conocer un proyecto más ambicioso, en colaboración conjunta de instituciones, organismos, dependencias locales, nacionales e internacionales, buscar la creación de una nueva revista, este proyecto esperamos pueda arrancar antes de febrero del 2024, una revista con arreglo y propósito meramente científico, con arbitrio sólido y que llegue a ser tan valiosa y próspera como Sapiens+ y la complemente, con el trabajo y voluntad de ustedes tenemos la seguridad de que lo lograremos juntos.

Dr. José Betancourt Hernández
Director General del Consejo de Ciencia y
Tecnología del Estado de Durango



Dra. Martha Rodríguez Morán, INVESTIGADORA SNI NIVEL III

La doctora Martha Rodríguez Morán, de origen duranguense, obtuvo su licenciatura de médico cirujano en la Escuela de Medicina de la Universidad Juárez del Estado de Durango, institución en donde también obtuvo el grado de Maestría en Epidemiología Clínica. Obtuvo el grado del Doctor en Medicina por la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León graduándose con la distinción Cum Lauro. Desarrolló sus actividades profesionales en el área de medicina familiar del Instituto Mexicano del Seguro Social, período en el que desempeñó algunos cargos administrativos y en la docencia de la Especialidad de Medicina Familiar.

En 1999, la Dra. Rodríguez Morán ingresó al Sistema Nacional de Investigadores como Nivel I, obteniendo el reconocimiento como Investigador Nacional Nivel III en el 2010. Fue la primera mujer del Estado de Durango en recibir esa alta distinción. En la actualidad cursa en su tercer periodo consecutivo como investigador Nivel III con vigencia a diciembre del 2030. Se incorporó como investigador a la Unidad de Investigación Biomédica del IMSS en noviembre del 2000, institución de la que se jubiló con la categoría de investigador Titular C.

Durante su desempeño como investigador se destacó por su participación en el desarrollo de estudios enfocados a las complicaciones a la salud secundarias a la obesidad, con énfasis en las alteraciones del metabolismo de la glucosa como lo son la diabetes y la intolerancia a la glucosa. En el desarrollo de su carrera de investigación, posteriormente sus estudios se enfocaron en el papel que tiene el magnesio, un micronutriente que participa como cofactor en todas las reacciones involucradas en la utilización de energía, en los procesos relacionados con la actividad muscular y, en la función cerebral.

Sus estudios sobre el magnesio contribuyeron a establecer la importancia que tiene este elemento en el desarrollo de la diabetes asociada a la obesidad, así como a la eficacia del uso de suplementos conteniendo magnesio como parte de las estrategias para evitar el desarrollo de la diabetes. Estos estudios le valieron el reconocimiento a nivel internacional, reconocimiento del que se derivaron invitaciones para la presentación de sus resultados en prácticamente todos los continentes. Participó en el desarrollo de la fórmula denominada índice de triglicéridos y glucosa, índice que identifica la presencia de resistencia a la insulina. La resistencia a la insulina es un estado en el que la entrada de la glucosa a las células se disminuye, de tal manera que la glucosa se eleva en la sangre. Esta condición es un factor de riesgo que aparece muy tempranamente en el desarrollo de la diabetes tipo 2, por lo que su detección temprana es muy importante para establecer medidas preventivas.

La determinación del índice de triglicéridos y glucosa está disponible en todos los laboratorios y es de muy bajo costo, condiciones que resaltan su valor en las estrategias de medicina preventiva. Este índice ha sido muy bien recibido en la comunidad científica mostrando su utilidad como medio de diagnóstico en múltiples enfermedades relacionadas a la resistencia a la insulina. Estableció colaboraciones nacionales e internacionales para el desarrollo de varios proyectos, destacando la colaboración con investigadores de la Universidad de Harvard, del Institute for Prevention and Nutrition, Ismaning/Munich en Alemania, del Center for Magnesium Education & Research en Pahoehoe, Hawaii, de la University of Palermo en Italia, de la Unidad de Investigación del HUNSC en las Canarias España, entre otras. A nivel local colaboró con investigadores de la UJED, ITD y del CIIDIR.

No obstante que la Dra. Rodríguez Morán se retiró de la Unidad de Investigación Biomédica del IMSS en el 2013, mantiene su actividad científica generando publicaciones en revistas de alto impacto. Durante su trayectoria como investigador ha generado 198 publicaciones, 33 capítulos de libro y participado, como conferencista o en la presentación de trabajos, en 251 congresos nacionales e internacionales. Asesoró la tesis de 15 alumnos de Licenciatura y 5 alumnos de Especialidad, fue Director o Asesor de tesis de 12 alumnos de Maestría y 5 alumnos de Doctorado. Ha sido revisor de artículos sometidos a publicación en 45 revistas internacionales y ha participado en diversos comités académicos del CONACyT. Recibió múltiples premios internacionales, nacionales, y estatales, entre los que se encuentran el Primer Lugar, en los años 2001 y 2002, en la competencia Internacional de Investigación del American College of Physicians, el Premio Gen otorgado por el Grupo de Estudio de Defectos al Nacimiento, El Premio de Investigación Médica Dr. Jorge Rosenkranz y, el Premio Estatal de Ciencia y Tecnología que otorga el COCyTED.

Es lectora asidua y disfruta de realizar cotidianamente ejercicio físico, sobre todo en el gimnasio. Tiene dos hijos con sólida formación académica, el primero con dos maestrías y un doctorado, la segunda con una maestría.

Desarrollo de un alimento extrudido para trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) a base de harina de algodón

Damián Reyes Jáquez¹, Hiram Medrano Roldán¹ y Gerardo Antonio Pámanes Carrasco²

¹ TecNM - Instituto Tecnológico de Durango

² Universidad Juárez del Estado de Durango

damian.reyes@itdurango.edu.mx

La FAO reporta que, en el 2018, la producción pesquera global alcanzó un máximo de 178.5 millones de toneladas, destinándose un 88% para consumo humano. La acuicultura es una buena alternativa para la producción de pescado, al ser una actividad económica en aumento. En 2018 se alcanzó un récord de producción mundial al producir 114.5 millones de toneladas con un valor estimado de 263 billones de dólares (Figura 1). El consumo humano de pescado se elevó de 9.0 kg en 1961 a 20.5 kg en 2018, lo cual ha sido causado no sólo por los incrementos en su producción sino debido a una combinación de factores: desarrollos tecnológicos, aumento en los ingresos económicos mundiales, reducciones en las pérdidas y desperdicios y un mayor conocimiento de los beneficios a la salud al consumir pescado (1).

Desafortunadamente, la producción acuícola requiere de una gran cantidad de harina de pescado que representa alrededor del 60% del costo de alimentación. Actualmente, el mercado mundial consume alrededor del 68% de la harina de pescado en productos acuícolas, tales como camarón, trucha, salmón, entre otros (2), y se espera que esto siga en aumento en las próximas décadas. Con el fin de satisfacer esta creciente demanda, se han llevado a cabo investigaciones que han evaluado fuentes alternativas de proteína que pudieran sustituir a la harina de pescado. Los subproductos agroindustriales son materiales procesados a los cuales se les han extraído algunos compuestos de interés o son productos que no cumplen con ciertos parámetros de calidad.

La industria del aceite genera subproductos con alto contenido de proteína, mientras que los subproductos de destilería (granos secos de destilería con solubles, [DDGS]) tienen menos azúcar después de la fermentación, pero altas concentraciones de proteína. Los subproductos agroindustriales han sido exitosamente empleados en alimentación de ganado, pero también pueden ser empleados en la acuicultura. Después de la extracción del aceite, la harina de algodón puede contener hasta el 55% de proteína y se comercializa a precios bajos para consumo de ganado, a pesar de tener más proteína que la harina de canola y ser comparable a la harina de soya (Tabla 1). Desgraciadamente, una toxina llamada *gospol*, presente en la harina de algodón, limita su uso. Una alternativa para inactivar esta toxina es mediante un procesamiento térmico, como lo es la extrusión (Figura 2). La extrusión aplica altas temperaturas en tiempos cortos de procesamiento, siendo una opción para la producción de alimentos, ya que incrementa la digestibilidad y las propiedades funcionales de los alimentos.

Además, disminuye los factores antinutricios presentes en las leguminosas o en otros subproductos agroindustriales, tales como los inhibidores de tripsinas y las lectinas, además de reducir la carga microbiana y prolongar la vida de anaquel al disminuir el agua disponible a los microorganismos (4).

En la presente investigación, se efectuó la formulación de una dieta balanceada para trucha arcoíris (Figura 3) y se estandarizaron las condiciones óptimas del proceso de extrusión para la producción del alimento balanceado empleando harina de semilla de algodón como fuente de proteína mediante un diseño de experimentos que incluía a la temperatura de extrusión, el contenido de humedad, la velocidad del husillo y el contenido de harina de semilla de algodón como factores y se evaluaron respuestas fisicoquímicas tales como la densidad aparente, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, actividad de agua, dureza, así como propiedades reológicas y calorimétricas que indican la calidad y características del alimento.

En el alimento balanceado se logró sustituir el 75% de la harina de pescado por harina de algodón sin afectar la calidad nutricional, lo cual quedó comprobado al evaluarse su composición química proximal y no encontrar diferencias significativas al compararse con productos comerciales. Esta sustitución podría disminuir los costos de producción acuícola al utilizar fuentes de proteína no destinadas a esta finalidad, como lo es la harina de algodón, cuyo valor nutricional se incrementa puesto que cuando se trata de proteína de origen vegetal, por lo general, los nutrientes de interés se encuentran embebidos en una matriz celular de baja digestibilidad, compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, lo que dificulta el acceso enzimático y su aprovechamiento, de tal manera que al ser procesada térmicamente se resuelve ésta problemática, beneficiando así a la industria pesquera y a sus consumidores.

Tabla 1. Comparación de la composición química de subproductos agroindustriales (3)

| Producto | Proteína Cruda (%) | Grasa (%) | Carbohidratos (%) |
|-------------------|--------------------|-----------|-------------------|
| Harina de algodón | 55.3 | 12.6 | 8.2 |
| Harina de soya | 48.3 | 1.59 | 40.1 |
| Harina de frijol | 18.6 | 1.8 | 51.9 |
| DDGS | 30.2 | 10.9 | 53.1 |



Figura 1. Producción acuícola.



Figura 2. Proceso de extrusión.



Figura 3. Alimento balanceado extrudido para trucha arcoíris

El alimento desarrollado ofrece una alternativa al problema de escasez de alimento de calidad a un precio asequible, lo que, por un lado, repercute en el sector productivo al no destinar una cantidad considerable de recursos en la adquisición de materias primas de alto costo y, de esta manera, disminuir o al menos mantener los precios de los productos generados, beneficiando así la economía de productores y consumidores.

La siguiente etapa de esta investigación será la evaluación de pruebas de alimentación, la cual permitirá aumentar las probabilidades de éxito en la comercialización del producto desarrollado.

Referencias

1. Fisheries Global Information System (FAO-FIGIS) - Web site. Fisheries Global Information System (FIGIS). FI Institutional Websites. In: FAO Fisheries Division [online]. Rome. Updated. [Cited 1 October 2020]. <http://www.fao.org/fishery/>
2. Tacon, A. G. J. (2019). Trends in Global Aquaculture and Aquafeed Production: 2000–2017. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 28(1), 43–56. doi:10.1080/23308249.2019.1649634
3. Delgado E. and Reyes-Jaquez D. (2018). Extruded Aquaculture Feed: A Review. Chapter 8. In: *Extrusion of Metals, Polymers and Food Products*, pp. 145-163. Doi: 10.5772/intechopen.69021
4. Hernández-Díaz, J. R., Quintero-Ramos, A., Barnard, J., & Balandrán-Quintana, R. R. (2007). Functional Properties of Extrudates Prepared with Blends of Wheat Flour/Pinto Bean Meal with Added Wheat Bran. *Food Science and Technology International*, 13(4), 301–308. doi:10.1177/1082013207082463

¿Qué es una biopelícula de Microorganismos de Ambientes Mineros?

En México, desde el año 2000 se han venido utilizando cada vez más distintos tipos de microorganismos que son obtenidos de los ambientes mineros (jales mineros, escorias, terreros o depósitos de roca sin procesar), con el objeto de aprovechar sus capacidades naturales de atacar minerales para obtener su energía, aplicándolos principalmente en el área de la biolixiviación para extraer los valores económicos asociados a los minerales (principalmente de los sulfuros, aunque también de otros tipos), tales como el Oro, Plata, Cobre, Zinc y Plomo, entre otros; o bien, para tratar suelos contaminados con elementos potencialmente tóxicos generados principalmente por las actividades mineras, tales como el Arsénico, Plomo, Cadmio, Cromo y Mercurio, entre otros y que son liberados durante la oxidación de los sulfuros (Rodríguez et al. 2001).

Dentro de los principales sulfuros de importancia nacional o regional, se encuentra la arsenopirita (FeAsS) y la pirita (FeS₂), entre otros, ya que estos sulfuros contienen asociados a su estructura mineral cantidades importantes de Oro y Plata que se pueden extraer mediante biolixiviación, y que además, son generadores de drenaje ácido de mina y de Arsénico, por lo cual se siguen estudiando a nivel mundial, pero también en México, concretamente a nivel regional se han generado estudios de trascendencia en esta área del conocimiento (Ramírez-Aldaba et al. 2016). Poco se ha documentado la presencia y desarrollo de las biopelículas, que se generan durante la biolixiviación de los sulfuros referidos, donde el fenómeno más íntimo de la interacción (contacto) entre un sulfuro y un microorganismo se denomina biooxidación.

Por tal motivo, debemos distinguir entre biolixiviación y biooxidación, ya que en el primer proceso, el objetivo central es el de extraer el Oro y Plata del sulfuro; mientras que en la biooxidación, el interés principal se centra en comprender las distintas etapas de la interacción entre el microorganismo y el sulfuro, dando lugar a la formación y evolución de biopelículas o "biofilms", donde se busca mejorar precisamente el proceso global de biolixiviación pero que pasa primero por la biooxidación (Ossa y Márquez, 2005).

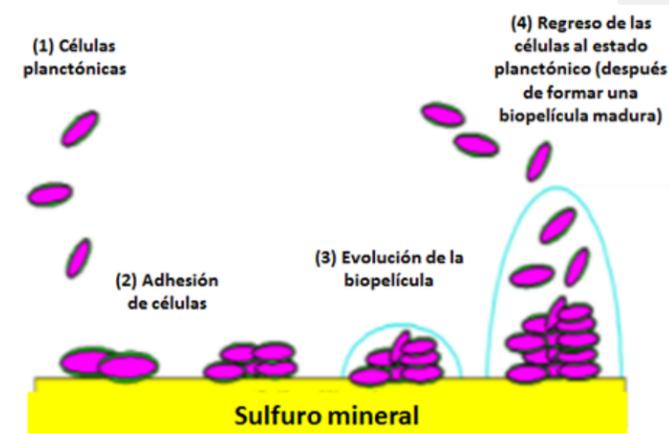


Figura 1. Etapas generales de la evolución de una biopelícula.

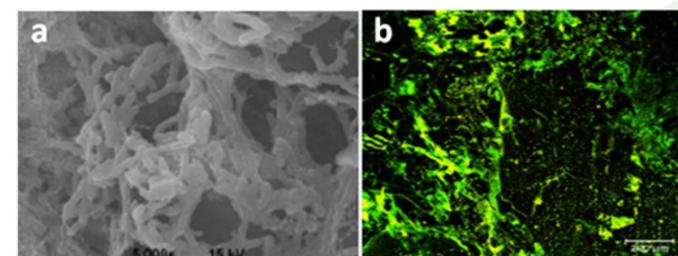


Figura 2. Biopelículas de *Acidithiobacillus thiooxidans* sobre arsenopirita visualizadas mediante (a) microscopia de barrido electrónico (SEM) y (b) de barrido láser confocal (CLSM).

Acidithiobacillus thiooxidans, entre otros, que como su nombre lo indica, biooxidan sulfuros (FeAsS, FeS₂) para obtener su energía del Hierro o del Azufre, o de ambos (Ossa y Márquez, 2005). Pero existe una bastedad de microorganismos con potencial aplicación en biolixiviación, tales como *Sulfolobus acidocaldarius*, por mencionar un ejemplo (Quehenberger et al. 2017). En nuestro grupo, se han estudiado por ejemplo biopelículas mediante el uso de la microscopia de barrido electrónico (SEM) y laser confocal (CLSM) sobre arsenopirita (Figura 2). Aún estamos lejos de controlar el desarrollo y evolución de las biopelículas, pero seguimos tratando de mejorar los procesos arriba descritos basados en investigación científica y aplicada, donde el manejo del genoma bacteriano, así como la comprensión de las etapas del desarrollo y evolución de las biopelículas parecen ser los factores clave en el futuro inmediato de la biolixiviación.

Referencias

- Rodríguez, Y., Blázquez, M. L., Ballester, A., González, F., Muñoz, J. A. (2001). La biolixiviación al comienzo del siglo XXI. Revista de metalurgia, 37(5), 616-627.
- Ramírez-Aldaba, H., Valles, O. P., Vazquez-Arenas, J., Rojas-Contreras, J. A., Valdez-Pérez, D., Ruiz-Baca, E., Lara, R. H. (2016). Chemical and surface analysis during evolution of arsenopyrite oxidation by *Acidithiobacillus thiooxidans* in the presence and absence of supplementary arsenic. Science of The Total Environment, 566, 1106-1119.
- Ossa, D. M., Márquez, M. A. (2005). Biooxidación de sulfuros mediante cepas nativas de acidófilos compatibles con *Acidithiobacillus ferrooxidans* y *thiooxidans*, mina de oro el Zancudo, (Titiribí, Colombia). Revista Colombiana de biotecnología, 7(2), 55-66.
- Quehenberger, J., Shen, L., Albers, S. V., Siebers, B., Spadiut, O. (2017). *Sulfolobus*—a potential key organism in future biotechnology. Frontiers in microbiology, 8, 2474.

¿Pero que es una biopelícula y cómo se comporta?

En general, una biopelícula es una asociación funcional de microorganismos que se adhieren a la superficie de un sulfuro (mineral) para generar una estructura (biopelícula) que los beneficia y donde se comparten nutrientes (Figura 1). Se conocen al menos 4 etapas generales en el proceso: (1) presencia de células de nado libre (planctónicas), (2) adhesión de las células planctónicas a la superficie mineral, (3) formación y evolución temporal de la biopelícula, y (4) regreso de las células adheridas otra vez a su estado planctónico. En la primeras dos etapas, las células se adhieren a la superficie en busca de nutrientes, luego se conforma la biopelícula y evoluciona hasta agotar los nutrientes en las etapas 3 y 4. La comprensión de los factores que determinan la formación y evolución de biopelículas es clave para mejorar la biooxidación de sulfuros y por consecuencia, la biolixiviación en general.

Entre los principales microorganismos de ambientes mineros que se han aplicado y los que más se han investigado se encuentran los acidófilos, tales como *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans*,

René Homero Lara Castro¹, Jorge Vázquez Arenas², Fabiola S. Sosa Rodríguez³, Hugo Ramírez Aldaba

¹ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del Estado de Durango
² Instituto Politécnico Nacional, CMP+L
³ Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco

lcrh75@hotmail.com

Caracterización físico-química del agua de riego para los procesos de biofortificación en cultivos de frijol. Caso Chocontá-Colombia.

Oscar Silva Marrufo¹, Karen Nayelli Rodríguez Gamíz¹, Angie Tatiana Ortega Ramírez² y Diana Milenia Morales Fonseca².

¹Universidad Tecnológica de Rodeo.
²Fundación Universidad de América.
Eco Campus de los Cerros.

angie.ortega@profesores.uamerica.edu.co

El presente trabajo se desarrolló en dos fases, la primera en la entidad de Chocontá, Bogotá, Colombia; consistió en la toma de 3 muestras de agua, donde este vital líquido es usado para el riego de los cultivos de papa y la segunda fase se desarrolló en las instalaciones de la Fundación Universidad de América en el laboratorio de biotecnología.

El objetivo principal de este trabajo fue la caracterización físico-química del agua de riego para los procesos de biofortificación en cultivos de frijol, caso Chocontá, Bogotá, Colombia (Figura 1). En cuestiones de la disponibilidad de agua, está en función y se asemeja la calidad del agua, los aumentos de contaminantes emergentes y por consiguiente la propagación de especies invasoras [1], el costo del tratamiento del recurso hídrico puede afectar gran parte en cuestiones económicas e las aguas residuales domésticas y urbanas se tratan antes de su liberación al medio ambiente [2]. Se expone que el deterioro de la calidad del agua se incrementa en los próximos años, donde la comunidad se expone a los riesgos para la salud humana, el desarrollo económico y los ecosistemas [3]. La calidad del agua de riego en los cultivos incide sobre las características propias de los productos a cosechar y sobre los suelos, sin embargo, existe un latente riesgo sobre la calidad microbiológica del agua de riego debido a lo que puede implicar la migración de patógenos sobre toda la cadena de abastecimiento hasta su llegada al consumidor final. Sin importar el origen de este tipo de aguas, desde subterráneas hasta efluentes domésticos, es primordial la caracterización de comunidades microbianas que podrían imposibilitar la comercialización de los productos agrícolas. Para este estudio además de analizar características propias del suelo, como el efecto de la fortificación sobre las plántulas de frijol,

se determinó la presencia de microorganismos, indicadores de calidad tales como: *Pseudomonas aeruginosa*, coliformes totales y *Escherichia coli*, además de hongos y levaduras.

Recuento de *Pseudomonas aeruginosa*, hongos y levaduras, cuantificación de coliformes totales y *Escherichia coli*

Para la cuantificación de *Pseudomonas aeruginosa* se realizó bajo el método SM 9213 por tubos múltiples en caldo cetrimida, recuperadas en 100 mL de muestra, posterior a ello, para la cuantificación de hongos y levaduras, se realizó bajo la técnica de siembra en superficie a partir de 1 mL de muestra. En cuanto a la cuantificación de coliformes totales y *E. coli*, se realizó bajo el método SM 9223 por tubos múltiples, recuperados en 100 mL de muestra. Todo lo anterior se desarrolló bajo las medidas de protección y apoyados mediante una cámara de flujo laminar, donde se tomó de referencia las cajas de Petri de Agar Saboreaud, se sembraron por triplicado muestras del agua de riego, se incubaron a 30 °C y monitorearon durante 120 horas.

Análisis físico-químicos del agua por el método de colorimetría

Los análisis físico-químicos del agua se tomó en cuenta 3 muestras de 500 mL donde se dejó en refrigeración a una temperatura de 12°C, esto con el fin de poder comparar los parámetros químicos tales como: Nitrógeno (N), Sulfatos (SO_4^{2-}), Cloros totales, Manganeseo (MnO_2), Cromo (Cr_2O_3), Fenoles totales ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$), Hierro (Fe), Cadmio (CdO), Cloro libre (NaClO) y Cloruros (Cl^-), implementado la técnica de colorimetría (fotometría), esta técnica se base en coleccionar 10mL de la muestra donde posteriormente se deposita en una cubeta previamente preparada con reactivo al parámetro que se va cuantificar.

La muestra previamente preparada se somete a un termo reactor (cr 4200) a una temperatura de 200 °C en un periodo de 2 horas y se deja en reposo 1 hora, posteriormente se le adiciono 6 gotas del reactivo a cuantificar para poder cuantificar en el fotómetro (Spectroquant® NOVA 60).

Resultados

La caracterización de microorganismos patógenos arrojó los siguientes resultados, basado en la normatividad que determina la potabilidad del agua, en el caso de Colombia el referente regulatorio es la Resolución 2115 de 2007 [4] y para efectos del territorio Mexicano la Norma Oficial Mexicana 112 [5], el agua de riego caracterizada en este estudio no cumple al detectarse la presencia de los tres principales grupos de microorganismos patógenos. Los siguientes parámetros se obtuvieron en unidades de NMP/100 mL en el caso de las coliformes totales con un resultado de 1793 NMP/100 mL, en *Escherichia coli* se observó 183 NMP/100 mL y para *Pseudomonas aeruginosa* se observó 1414 NMP/100 mL. Los resultados sugieren evaluar las fuentes de agua de riego utilizadas en el cultivo de frijol en el municipio de Chocontá, dada la alta presencia de coliformes totales. Para efectos de la caracterización de hongos y levaduras, se encontró un promedio de 54×10^4 ufc/mL, la mayor proporción de microorganismos aislados corresponde a levaduras y en bajos recuentos para hongos filamentosos. Las comunidades aisladas corresponden a microbiota típica de pozos o aguas subterráneas. Los resultados de la caracterización físico-química del agua muestreada en el caso de sulfatos fueron altos: 1.575, 1.766 y 1.403 mg/L en cloruros se registró los niveles de 0.264, 0.259 y 0.259 mg/L, para el metal pesado de cromo se obtuvo niveles medios con 0.166, 0.177 y 0.193 mg/L, en fenoles se obtuvo 0.171, 0.107 y 0.119 mg/L, el cloro libre arrojó una cantidad de 0.106,

0.127 y 0.114 mg/L, el resto de los parámetros analizados fueron contabilizados de nitrógeno este parámetro son expresados como valor admisible, en nitritos de 0.2mg/L y en nitratos 10 mg/L, al salir fuera del rango de estos valores pueden tener complicaciones hacia la salud humana [6], cloros totales, manganeso, hierro y cadmio donde no superaron los 0.100 mg/L. Recordemos además que el muestreo no se enfocó en la totalidad de análisis de metales pesados en agua, pero se consideraron pertinentes los parámetros como el cadmio y el cromo como metal pesado. Cabe destacar que el valor máximo aceptable se aplica para agua para consumo humano en Colombia, la concentración de hierro que marca el decreto 2115 (0.30 mg/L), es similar en las normas de otros países incluyendo la norma mexicana NOM-127-SSA1-19994 [7].



Figura 1. Sitio de muestra de agua Chocontá-Cundinamarca, Colombia.

Referencias

1. ONU. (Organización de la Naciones Unidas). (2018). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2018. Nueva York, Naciones Unidas. unstats.un.org/sdgs/report/2018.
2. WWAP (Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos). (2017). Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. París, UNESCO. unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf.
3. Sanabria-Suárez, A.C., C. Montenegro-Marín, M. F. Castro-Fernández y D. M. Díaz-Casallas. (2017). Análisis multitemporal de los indicadores de calidad de agua en corrientes superficiales (ica) de la cuenca alta del Río Bogotá (Colombia)”, Ingeniería Solidaria, vol. 13, no. 22, mayo de 2017, pp. 39-54. <http://dx.doi.org/10.16925/in.v13i22.1751>.
4. Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 2115, Junio 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá: el Ministerio; [en línea] 2007 [fecha de acceso 10 de diciembre de 2021]. Disponible en: <http://www.minproteccionsocial.gov.co/VBeContent/NewsDetail.asp?ID=16364&IDCompany=3>.
5. Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable. [Citado el 02 de diciembre de 2021.]. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4728925&fecha=15/08/1994.
6. De Miguel-Fernández, C. y Vázquez-Taset, Y. M. (2006). Origen de los nitratos (NO₃) Y Nitritos (NO₂) y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas. Minería y Geología, 22 (3), 1-9. [Fecha de Consulta 9 de Noviembre de 2021]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223517652002>.
7. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. [Citado el 12 de noviembre del 2021]. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2063863&fecha=22/11/2000.

EMULSIONES ORGANOGELADAS: Caracterización de novedosos sistemas con potencial de sustituir las grasas saturadas y trans en los alimentos.

En la historia de la humanidad, las grasas y aceites, conocidos como lípidos han estado presentes en su desarrollo. En el Egipto antiguo se utilizaban aceites vegetales en los engranes de vehículos, posteriormente se desarrollaron alimentos elaborados a base de grasa, como la mantequilla, y así hasta los novedosos productos que se ofertan en la actualidad. Algunos de los lípidos son macronutrientes esenciales, los cuales deben ser consumidos de manera regular por las múltiples funciones que tienen en nuestro organismo. Sin embargo, después de que por años se empleara el método de hidrogenación de aceites vegetales, para darles a estos, propiedades tecnológicas, se encontró una relación de estas grasas trans con enfermedades cardiovasculares (1).

Por lo que diversas instituciones de salud como la FDA (Food and Drug Administration) en Estados Unidos, y la Organización Mundial de la Salud, han recomendado reducir el consumo de estas grasas trans, al grado de que en muchos países se ha prohibido completamente su uso. El conflicto con las grasas trans en el área de salud ha provocado que se optara por regresar al uso de grasas saturadas en la industria alimentaria, sabiendo que el perfil graso de estas grasas semisólidas es menos saludable que el de los aceites vegetales formados por ácidos grasos mono y poliinsaturados, problema que, en un principio, se creía haber resuelto con la hidrogenación.

Todo lo anterior ha supuesto un enorme reto tecnológico, no sólo en México, sino a nivel mundial, puesto que los ingenieros en alimentos deben encontrar un equilibrio entre poder brindar productos saludables y al mismo tiempo, que mantengan la textura, sabor, aroma y funcionalidad estructural que los caracteriza, para seguir siendo del agrado del público en general. La organogelación es una técnica que ha funcionado en años recientes para desarrollar sistemas estructurados a partir de aceites vegetales líquidos y un agente "gelador".

La organogelación consiste en la preparación de una solución en un aceite vegetal líquido de un agente estructurante, generalmente moléculas de bajo peso molecular como monoglicéridos, que, al disminuir la temperatura, la fracción polar (-OH) de esta molécula tiende a orientarse por afinidad, de forma que su fracción apolar (cadena hidrocarbonada) se alinea, promoviendo un autoensamblaje molecular (2).

Este autoensamblaje molecular da lugar a la formación de una red tridimensional que atrapa al aceite evitando que fluya. Las estructuras cristalinas que conforman la red tridimensional brindan un comportamiento semisólido al organogel, manteniendo el perfil lipídico del aceite.



Figura 1. Apariencia de emulsión organogelada W/O (Contreras-Ramírez et al., 2022).

Además, recientemente los organogeles han sido utilizados para formar otros sistemas más complejos, como las emulsiones organogeladas (EOs) (Figura 1).

Las EOs son una mezcla de dos líquidos inmiscibles (agua y aceite), disperso uno en forma de gotas en el otro, donde la fase oleosa se encuentra gelificada. Las emulsiones pueden ser de tipo aceite en agua (O/W) o agua en aceite (W/O). Las EOs W/O pueden contener agua en forma de pequeñas gotas, las cuales se encuentran atrapadas en una red formada por el gelador en la fase oleosa (3). Estos sistemas suelen ser más estables que una emulsión tradicional debido a que cuenta con una fase externa semisólida, lo que reduce la posibilidad de encuentros entre las pequeñas gotas debido a una menor movilidad.

Las EOs son sistemas novedosos que aún cuentan con pocos estudios, por lo que, en el Posgrado en Ingeniería Bioquímica del Instituto Tecnológico de Durango, ha incursionado en el desarrollo de estos nuevos materiales que poseen un gran potencial para diferentes aplicaciones. Entre algunas de las aportaciones que ha tenido el posgrado, están algunas publicaciones donde se ha estudiado la capacidad de las EOs para aumentar la bioaccesibilidad de algunos compuestos fitoquímicos (4). Sin embargo, su aplicación puede extenderse aún más en formulaciones tanto de aplicación tópica como también en formar parte de algunas matrices alimentarias.

Esto último es posible gracias al perfil de ácidos grasos más saludable que poseen los aceites vegetales utilizados

Javier Isaac Contreras Ramírez¹,
José Alberto Gallegos Infante¹,
Jorge Fernando Toro Vázquez²

¹TecNM/Instituto Tecnológico de Durango.

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí

contreras.ibq@gmail.com

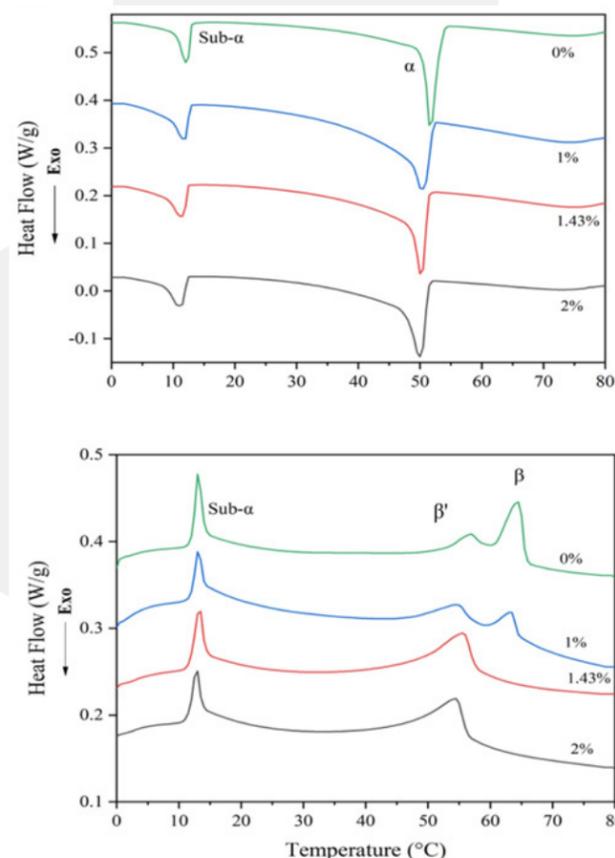


Figura 2. Exotermas y endotermas de organogeles a diferentes concentraciones de PGPR.

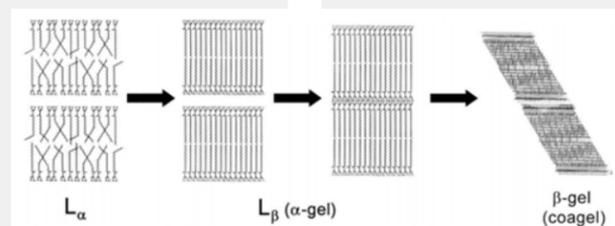


Figura 3. Formación polimórfica en sistemas de monoglicérido (Marangoni et al., 2007).

en el desarrollo de estas EOs. También la incorporación de un porcentaje de agua dentro del sistema permitiría formular algunos alimentos untables bajos en grasa (p. ej. margarinas).

La diversidad de componentes en una EO, le confieren características únicas, que dependerán del tipo de relaciones entre los componentes dentro del sistema. Por estos antecedentes se ha trabajado en la formulación y caracterización de Eos del tipo W/O en una colaboración entre el Posgrado de Ingeniería Bioquímica del Instituto Tecnológico de Durango y el Laboratorio de Físicoquímica de Alimentos de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, dirigido por el Dr. Jorge Fernando Toro Vázquez, a quien recientemente se le otorgó el Premio Nacional al Mérito en Ciencia y Tecnología de Alimentos 2020-2021, por la Academia Mexicana de Ciencias y el Instituto de Bebidas de Coca-Cola de México.

En esta colaboración se formularon organogeles, así como EOs W/O con aceite de canola comercial, monoglicéridos (MG) 10% p/p y un tensioactivo (PGPR) 1, 1.43 y 2% p/p, estos dos últimos utilizados ampliamente en la industria alimentaria para panificación y desarrollo de chocolates.

Las emulsiones fueron evaluadas a diferentes temperaturas de almacenamiento (10 y 25°C) durante 28 días. En este período se realizó una evaluación de sus propiedades térmicas por calorimetría diferencial de barrido (DSC), contenido de grasa sólida (CGS) por resonancia magnética nuclear (RMN) y de microestructura por microscopía óptica con filtro de luz polarizada.

El análisis de los resultados permitió comprender la forma en que interactúan dos agentes estabilizantes (MG y PGPR) que se rigen por un mismo tipo de interacción intermoleculares (enlaces de hidrógeno -OH).

Se encontró que son necesarios ambos componentes (MG y PGPR) para la formación de EOs con hasta 25% de agua en la fase dispersa. En los organogeles y EOs se observó por DSC (Figura 2)

que, existe la formación casi al instante del polimorfo β, este polimorfismo es característico de sistemas con MG y se presenta por un ordenamiento más compacto en su microestructura (Figura 3), es decir, un cambio en la alineación de sus cadenas hidrocarbonadas por la orientación de sus grupos polares (-OH) (5).

En los datos de RMN se observó tanto en geles como emulsiones, una disminución del CGS. Esto, debido a que los enlaces -OH del MG y PGPR compiten entre si dentro del sistema, provocando un efecto de

solubilidad del estructurante MG en el organogel por la presencia del PGPR, al interferir en la organización molecular (Figura 4A), y provocando la liberación de aceite al cabo de tres días. Este efecto no se observó en los organogeles sin PGPR. Por otro lado, en las EOs, este fenómeno que involucra a MG y PGPR, provocó una mejor dispersión de los agregados sólidos (fase gel) y la obtención de gotas más pequeñas al cabo de 28 días (Figura 4B), lo que sugiere una mejor estabilidad física de estas emulsiones, aun presentando una disminución en el CGS en las EOs a 10°C (Tabla 1).

| Muestra | PGPR (%) | CGS a 10°C | CGS a 25°C |
|-----------|----------|-------------------------|--------------------------|
| EO-día 01 | 1 | 6.64±0.31 ^e | 4.95±0.28 ^{abc} |
| | 1.43 | 6.34±0.14 ^e | 4.92±0.11 ^{abc} |
| EO-día 28 | 1 | 5.47±0.08 ^{cd} | 4.36±0.05 ^{ab} |
| | 2 | 5.10±0.30 ^{bc} | 4.23±0.30 ^a |

Tabla 1. Valores de CGS en EOs (1-28 días) en relación al contenido de PGPR y la temperatura.

Estos resultados muestran como un efecto antagónico de interacción entre MG y PGPR, que interfieren en la estructuración de organogeles no representa en primera instancia un conflicto en el desarrollo de EOs, sino que favorece su organización estructural en un estado metaestable. Lo anterior permite establecer bases sólidas al plantear formulaciones para el desarrollo de EOs y posteriormente incluirlas en una matriz alimentaria más compleja.

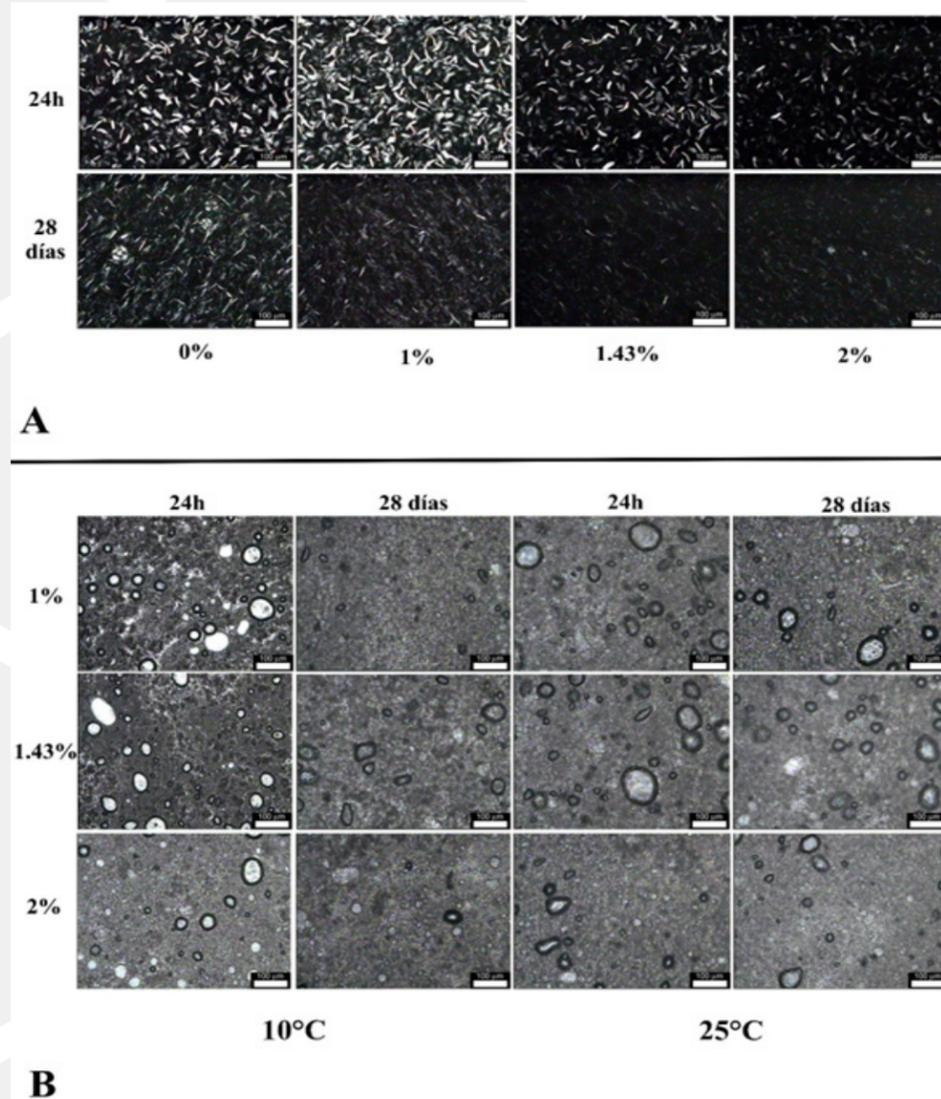


Figura 4. Micrografías en función del tiempo, temperatura y concentración de PGPR. A) Organogeles, B) EOs.

Referencias

1. Liu, A.G.; Ford, N.A., Hu, F.B., Zelman, K.M., Mozaffarian, D., & Kris-Etherton, P.M. (2017). A healthy approach to dietary fats: understanding the science and taking action to reduce consumer confusion. *Nutrition Journal*, 16, 53. doi:10.1186/s12937-017-0271-4
2. Marangoni, A. G., Idziak, S. H. J., Vega, C., Batte, H., Ollivon, M., Jantzi, P. S., & Rush, J. W. E. (2007). Encapsulation-structuring of edible oil attenuates acute elevation of blood lipids and insulin in humans. *Soft Matter*, 3, 183–187. doi:10.1039/b611985a
3. Contreras-Ramírez, J.I., Patel, A.R., Gallegos-Infante, J.A., Toro-Vázquez, J.F., Pérez-Martínez, J.D., Rosas-Flores, W., & González-Laredo, R.F. (2022). Organogel-Based Emulsified Systems, Food Applications, Microstructural and Rheological Features - A Review. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 12, 1601-1627. doi:10.33263/BRIAC122.16011627
4. Rocha-Guzmán, N.E., Cháirez-Ramírez, M.H., Pérez-Martínez, J.D., Rosas-Flores, W., Ornelas-Paz, J.J., Moreno-Jiménez, M.R., González-Laredo, R.F., & Gallegos-Infante, J.A. (2021). Use of organogel-based emulsions (o/w) as a tool to increase the bioaccessibility of lupeol, curcumin, and quercetin. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, doi:10.1002/aocs.12528
5. Aguilar-Zárate, M., De la Peña-Gil, A., Álvarez-Mitre, F., Charó-Alonso, M.A., & Toro-Vázquez, J.F. (2019). Vegetable and Mineral Oil Organogels Based on Monoglyceride and Lecithin Mixtures. *Food Biophysics*, 14, 326-346. doi: 10.1007/s11483-019-09583-1

*Proyecto apoyado por el Programa de Apoyos Institucionales 2021 del COCYTED.

¿Qué son las microalgas?

Rebeca Paola Villanueva García, Alfredo de Jesús Martínez Roldán

CONACYT-TecNM/IT Durango. Dirección de Posgrado e Investigación.

adjmartinezro@conacyt.mx; alfredo.martinez@itdurango.edu.

Las microalgas son organismos fotosintéticos con similitudes metabólicas con las plantas aunque de tamaño microscópico. Son capaces de aprovechar la energía luminosa (sin importar que provenga del sol o de una fuente artificial) y el dióxido de carbono para su crecimiento y reproducción. La captación de energía lumínica es posible gracias a la presencia de un pigmento verde denominado clorofila; sin embargo, no todos los miembros de este grupo son de ese color. Existen microalgas verdes, rojas (*rodofitas*), pardas (*feofitas*), doradas (*crisofitas*), diatomeas, dinoflagelados e incluso, este grupo incluye también a las cianobacterias que antes eran denominadas como algas verde-azules y cuya estructura celular es muy diferente. Son responsables de producir el 50% del oxígeno presente en la atmósfera pues son capaces realizar la fotosíntesis de forma más eficiente que las plantas. No presentan raíces, tallos, hojas o tejidos vasculares bien definidos y pueden tener formas unicelulares, conglomerados multicelulares, colonias ramificadas o más complejas (Figura 1) y su tamaño varía desde 0.2-8.0 μm de diámetro (Barsanti & Gualtieri, 2006).

Este tipo de microorganismos normalmente se encuentra distribuido en ambientes acuáticos como ríos, lagos, lagunas, mares, etc., sin embargo, también pueden encontrarse sobre rocas, suspendidas en el aire e incluso en simbiosis con otros organismos como es el caso de los líquenes (asociación entre una microalga y un hongo). Estos organismos son los principales productores primarios (generadores de materia orgánica) en muchos ecosistemas y sirven de alimento para los primeros consumidores (herbívoros) (Richmond & Hu, 2013).

Usos potenciales

El grupo de las microalgas es altamente diverso por lo que las posibles aplicaciones para este tipo de microorganismos son muchas. Sin embargo, actualmente existen aplicaciones que se encuentran más desarrolladas entre las que destacan su empleo: como alimento (tanto para animales como para el ser humano), como fuente de compuestos de alto valor agregado (carotenoides, antioxidantes, vitaminas, etc.), en el monitoreo ambiental, en el tratamiento de aguas residuales entre otros (Muller-Feuga, 2004). Incluso, recientemente se han propuesto para la producción de biocombustibles que puedan sustituir al petróleo como lo son, el biodiesel, el bioetanol, biohidrógeno o incluso la bioturbosina y el gas combustible (Li, Horsman, Wu, Lan, & Dubois-Calero, 2008).

El primer uso científicamente fundamentado que se les dio a las microalgas fue el de indicadores de la calidad del agua; esto debido a que se demostró que la calidad del agua de los cuerpos superficiales condicionaba la presencia de ciertas especies. Es decir, ciertas especies sólo podían crecer en aguas muy limpias (oligotróficas), mientras que otras requerían altas concentraciones de ciertos compuestos (en niveles contaminantes) ocasionando que la calidad del agua fuera baja (eutrófica). Esto permitió conocer la calidad de un cuerpo de agua a partir de sólo observar una muestra al microscopio y cuantificar la presencia y cantidad de ciertas microalgas en particular (Nollet & De Gelder, 2013).

El empleo de la biomasa de microalgas en la alimentación humana fue reportado por primera vez en el Siglo XVI en donde en las crónicas de la conquista de la Nueva España se habla de una especie de sal verde que consumían los nativos del Valle de Anáhuac el cual era extraído del Lago de Texcoco en forma de lama, que era secada al sol y molida, denominada por los indígenas como tecuitlatl (UNAM, 2012). Este polvo resultó ser Spirulina, la cual es probablemente la microalga (específicamente cianobacterias) más famosa y ampliamente empleada en la actualidad (Figura 1). Sin embargo, Spirulina no es la única microalga que es empleada para la alimentación humana, actualmente es posible consumir comprimidos de Chlorella (alga verde) como fuente de antioxidantes, vitaminas y minerales o incluso capsulas enriquecidas con biomasa de algas doradas y pardas.

El uso de las microalgas para la obtención de productos de alto valor agregado se debe a que no solo son fuente de proteínas lípidos y carbohidratos sino que contienen cantidades significativas de ciertos tipos de moléculas con diferentes características.

Entre estas últimas se pueden destacar los carotenoides, los ácidos grasos poliinsaturados, antioxidantes, pigmentos, gomas, etc. (Richmond & Hu, 2013). Los carotenoides son pigmentos que ayudan en el proceso de captación de la luz y que presentan colores que van del amarillo al rojo. Algunos de ellos son precursores de la vitamina A, como el β -caroteno, o ayudan a la salud de nuestros ojos como la luteína, que previene de degeneración macular; otros carotenoides, como la azeitaxantina, son antioxidantes y ayudan a evitar el daño causado por los radicales libres (Flórez-Miranda, Martínez-Roldán, & Cañizares-Villanueva, 2015).

Otros grupos de microalgas son capaces de producir ácidos grasos poliinsaturados del tipo $\Omega 3$, $\Omega 6$ y $\Omega 9$ (Borowitzka, 2013) y se sabe que el consumo de este tipo de compuestos acarrea diferentes beneficios a la salud. La obtención de este tipo de compuestos a partir de cultivos de microalgas presenta grandes beneficios ya que el proceso es mucho más sencillo que algunos de los usados anteriormente. Esto porque las fuentes tradicionales de este tipo de ácidos grasos eran aceites de ciertos peces como el de hígado de bacalao, el cual se

recomendaba consumir como un suplemento alimenticio en la infancia. Sin embargo, actualmente la cantidad de aceite de pescado no es suficiente para satisfacer una demanda cada vez mayor y las microalgas se presentan como una opción con múltiples ventajas (Flórez-Miranda, Martínez-Roldán, & Cañizares-Villanueva, 2015).

Más recientemente, las microalgas se han propuesto como una fuente sustentable de bioenergéticos con un impacto ambiental mucho menor al generado por los combustibles obtenidos a partir del petróleo. Sin embargo, aunque son muchos los posibles carburantes que se pueden obtener, el biodiesel es el que ha generado mayor interés. De forma convencional, la posible materia prima para su producción son los cultivos vegetales, como la soya, el maíz y la colza, sin embargo, se considera poco ético emplearlos para producir carburantes en lugar de emplearlos para disminuir el hambre mundial. Además si se realiza una comparación en cuanto a producción por hectárea, la de las microalgas resulta superior lo que disminuye considerablemente los recursos necesarios para su producción (nutrientes, terreno, etc.) (Richmond & Hu, 2013).

La biotecnología de microalgas es un área relativamente nueva y su nivel de desarrollo no ha alcanzado niveles como los que presentan los procesos a partir de hongos, bacterias y levaduras. Sin embargo, el potencial de las microalgas para la generación de bioprocesos productivos es elevado respecto a muchos de los procesos tradicionales, esto debido a que al emplear microalgas se pueden obtener producciones mayores en periodos más cortos de tiempo que actualmente se emplean aunque es necesario el desarrollo de innovaciones y tecnología específica para alcanzarlo.

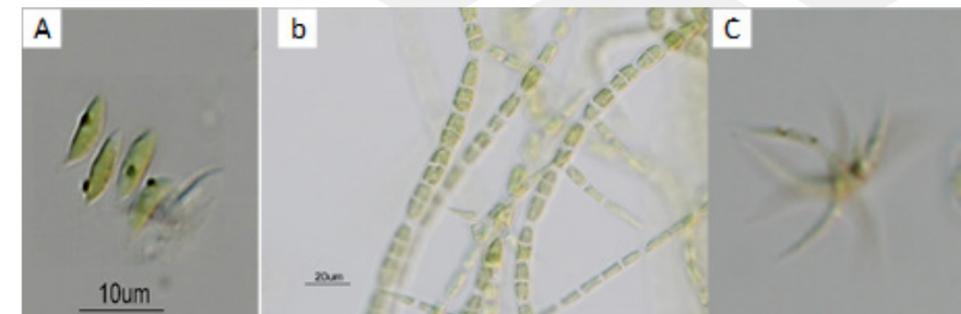


Figura 1. Especies de microalgas nativas del Estado de Durango. a) *Tetrademus obliquus* b) *Stigeoclonium nanum* c) *Messastrum gracile*.

Referencias

1. Barsanti, L., & Gualtieri, P. (2006). *Algae: anatomy, biochemistry, and biotechnology*. Vasa (Segunda Edición). CRC Press.
2. Borowitzka, M. A. (2013). High-value products from microalgae-their development and commercialisation. *Journal of Applied Phycology*, 25(3), 743-756.
3. Flórez-Miranda, L., Martínez-Roldán, A. J., & Cañizares-Villanueva, R. O. (2015). Microalgae in livestock nutrition. En L. Torres-Bustillos (Ed.), *Microalgae and Other Phototrophic Bacteria: Culture, Processing, Recovery and New Products* (pp. 87-110). USA: Nova Science Publishers.
4. Li, Y., Horsman, M., Wu, N., Lan, C. Q., & Dubois-Calero, N. (2008). Biofuels from Microalgae. *Biotechnology Progress*, 24, 815-820.
5. Muller-Feuga, A. (2004). Microalgae for aquaculture the current global situation and future trends. En A. Richmond (Ed.), *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*. Blackwell Publishing Ltd.
6. Nollet, L. M. L., & De Gelder, L. (2013). *Handbook of water analysis, third edition* (Tercera Edición). CRC Press.
7. Richmond, A., & Hu, Q. (Eds.). (2013). *Handbook of Microalgal Culture*. Oxford, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
8. UNAM, (2012). *Gran Diccionario Náhuatl*. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en la Web <http://www.gdn.unam.mx>

Sistemas de producción de biomasa de microalgas

Las microalgas son organismos fotosintéticos que comparten muchas rutas metabólicas con las plantas superiores; esto genera que tengan el potencial para ser empleadas en la producción de diversos metabolitos de interés comercial como son: pigmentos, proteínas, carbohidratos, ácidos grasos, aceites, e incluso que se consideren como materia prima para la obtención de biocombustibles como el bioetanol, el biodiesel o incluso el hidrógeno (Flórez-Miranda, Martínez-Roldán, & Cañizares-Villanueva, 2015; Martínez-Roldán & Cañizares-Villanueva, 2019; Martínez-Roldán & Ibarra-Berumen, 2019a). Sin embargo, como ocurre en cualquier proceso biotecnológico, es necesario la optimización de los procesos para lograr alcanzar valores de producción competitivos.

Producción de biomasa

Los requerimientos nutricionales básicos de un cultivo de microalgas dependen del tipo de metabolismo que el organismo a cultivar presente. Sin embargo, de forma general para cultivos autotróficos, es necesaria la adición de una fuente de carbono inorgánica (CO₂ o carbonatos), una fuente de nitrógeno (nitrato, amonio, o incluso nitrógeno orgánico), fósforo (en forma de fosfato) y diversos micronutrientes dentro de los que se destacan zinc, molibdeno, cobalto, níquel, hierro, cobre, etc., y en casos especiales como diatomeas el silicio (Barsanti & Gualtieri, 2006).

Alfredo de Jesús Martínez Roldán

CONACYT-TecNM/IT Durango. Dirección de Posgrado e Investigación.

adjmartinezro@conacyt.mx /
alfredo.martinez@itdurango.edu.

En cuanto a los aspectos operativos, los procesos de producción de biomasa microalgal son similares a los de los bioprocesos a partir de bacterias o células vegetales en suspensión. Es decir, se llevan a cabo en recipientes con ciertas características; en específico, los contenedores para el cultivo de microalgas son denominados fotobiorreactores. Esto se debe a que además de las condiciones de operación básicas de un bioproceso (agitación, turbulencia, suministro de nutrientes, posibilidad de esterilización, etc.), deben permitir el suministro de energía luminosa, ya que la luz es un nutriente más en los cultivos de microalgas y cianobacterias (Martínez-Roldán & Cañizares-Villanueva, 2015).

Los Fotobiorreactores

Los FBR's pueden ser definidos como dispositivos tecnológicos específicamente diseñados para el cultivo de microalgas y cianobacterias (aunque ciertos autores también incluyen a los cultivos de células vegetales). La configuración más sencilla son los FBR abiertos dentro de los que se encuentran el cultivo en canales, lagos y lagunas. En este tipo de configuración el cultivo no alcanza grandes valores de producción de biomasa debido a que no es posible controlar las condiciones de operación; sin embargo, son los más económicos (Martínez-Roldán & Cañizares-Villanueva, 2015; Torzillo et al., 2010)

Por otro lado, se encuentran los FBR's cerrados los cuales permiten procesos más eficientes y productivos. Estos son construidos con materiales que permitan el paso de al menos el 85% de la luz incidente en la cara externa. Debido a esto pueden ser construidos de vidrio, polietileno, policarbonato y polimetacrilato, siendo los más comunes los de vidrio. Las formas son muy diversas pudiendo ser tubos, cajas, anillos, torus, etc., y su configuración así como sus condiciones de operación dependerán de la especie que será cultivada (Martínez-Roldán & Cañizares-Villanueva, 2015).

Los sistemas tipo tubulares horizontales son útiles para el cultivo de organismos resistentes al esfuerzo de corte ya que el movimiento del cultivo se lleva a cabo mediante bombas (normalmente peristálticas).

Este tipo de sistemas ha sido útil para el cultivo de *Spirulina* (cianobacteria), *Nannochloropsis*, *Chlorella*, *Neochloris* (unicelulares), etc. (Martínez-Roldán & Cañizares-Villanueva, 2015). En cambio, los sistemas tubulares verticales (columnas), han demostrado poseer una gran versatilidad, esto principalmente a que pueden ser agitados mediante bombas o por la acción del aire suministrado (sistemas air-lift).

Esta flexibilidad de operación ha permitido su uso para el cultivo de organismos sensibles al estrés hidrodinámico como *Haematococcus* o especies ramificadas como *Stigeoclonium*. Además es de destacar que es posible alcanzar valores elevados de producción y productividad de biomasa en sistemas relativamente sencillos (Martínez-Roldán, Perales-Vela, Cañizares-Villanueva, & Torzillo, 2014; Vega-Estrada, Montes-Horcasitas, Domínguez-Bocanegra, & Cañizares-Villanueva, 2005).

Debido a la gran cantidad de compuestos de alto valor agregado que pueden ser obtenidos a partir de la biomasa de microalgas, se ha desarrollado procesos industriales para su producción (Martínez-Roldán & Ibarra-Berumen, 2019b). Aunque hay que destacar el hecho de que solo pocas especies son cultivadas de forma masiva actualmente y esto se debe a que los procesos desarrollados son específicos.

El desarrollo de nuevos procesos productivos a partir de especies nativas depende en gran medida de la investigación ya que, la variedad existente de configuraciones de fotobiorreactores, permite seleccionar configuraciones que satisfagan características específicas de cada especie. Sin embargo, para alcanzar altas concentraciones celulares, necesaria la optimización de otras variables de proceso como contenido de nutrientes, iluminación, suministro de CO₂, período de iluminación, etc.

Referencias

1. Barsanti, L., & Gualtieri, P. (2006). *Algae: anatomy, biochemistry, and biotechnology*. Vasa (Segunda Edición). CRC Press.
2. Flórez-Miranda, L., Martínez-Roldán, A. J., & Cañizares-Villanueva, R. O. (2015). Microalgae in livestock nutrition. En L. Torres-Bustillos (Ed.), *Microalgae and Other Phototrophic Bacteria: Culture, Processing, Recovery and New Products* (pp. 87–110). USA: Nova Science Publishers.
3. Martínez-Roldán, A. J., & Cañizares-Villanueva, R. O. (2015). Photobioreactors: Improving the biomass productivity. In L. Torres-Bustillos (Ed.), *Microalgae and Other Phototrophic Bacteria: Culture, Processing, Recovery and New Products* (First Edit, pp. 145–170). Nova Science Publishers.
4. Martínez-Roldán, A. J., & Cañizares-Villanueva, R. O. (2019). Biodiesel Production from Microalgae as a Biorefinery Concept. In L. F. Rios Pinto, E. Marques Takase, & H. Silva Santana (Eds.), *A Closer Look at Biodiesel Production* (First). Nova Science Publishers.
5. Martínez-Roldán, A. J., & Ibarra-Berumen, J. (2019). Employment of Wastewater to Produce Microalgal Biomass as a Biorefinery Concept. In *Microalgae Biotechnology for Development of Biofuel and Wastewater Treatment* (pp. 487–504). Singapore: Springer Singapore.
6. Martínez-Roldán, A. J., Perales-Vela, H. V., Cañizares-Villanueva, R. O., & Torzillo, G. (2014). Physiological response of *Nannochloropsis* sp. to saline stress in laboratory batch cultures. *Journal of Applied Phycology*, 26(1), 115–121.
7. Pulz, O., & Scheibenbogen, K. (1998). Photobioreactors: Design and performance with respect to light energy input. In *Bioprocess and Algae Reactor Technology, Apoptosis* (pp. 123–152). Springer Berlin Heidelberg.
8. Torzillo, G., Giannelli, L., Martínez-Roldán, A. J., Verdone, N., De Filippis, P., Scarsella, M., ... Bravi, M. (2010). Microalgae culturing in thin-layer photobioreactors. *Chemical Engineering Transactions*, 20, 265–270.
9. Vega-Estrada, J., Montes-Horcasitas, M. C., Domínguez-Bocanegra, A. R., & Cañizares-Villanueva, R. O. (2005). *Haematococcus pluvialis* cultivation in split-cylinder internal-loop airlift photobioreactor under aeration conditions avoiding cell damage. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 68, 31–35.

El muérdago verdadero, un enemigo silencioso

Mónica Yazmín Flores Villegas¹, Maribel Madrid del Palacio¹, Luis Alberto Ordaz Díaz¹, María Berenice González Maldonado², David Enrique Álvarez Zazueta¹, Pedro Antonio Domínguez Calleros³

¹Universidad Politécnica de Durango,

²CIIDIR Unidad Durango.

³Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad Juárez del Estado de Durango.

monica.flores@unipolidgo.edu.mx

El muérdago verdadero es considerado como una planta hemiparásita (plantas que en condiciones naturales es parcialmente parásita, extrayendo savia de su huésped y que es también fotosintética en un cierto grado, sintetizando parte de sus nutrientes) y pertenecen a la familia de *Loranthaceae*, se le conoce de manera coloquial como injerto, muérdago, visco, visco cuercino, mal de ojo, injerto de aguacate, malojo, tapa ojo, por mencionar algunos. Son plantas que han modificado su raíz y que penetran en los tejidos de otras plantas, causando un decremento en el desarrollo del árbol, además de hacerlos susceptibles a ataque de alguna otra enfermedad o plaga. Dicho muérdago desde hace varios años se encuentra presente en los ecosistemas forestales y urbanos, sin embargo, es poca la importancia que se le presta por parte de los dueños del recurso. Los muérdagos al ser considerados como plantas hemiparásitas buscan establecerse en árboles que presentan mayor compatibilidad, ya que para crecer y mantenerse, necesitan tomar los nutrientes, agua y compuestos orgánicos del arbolado (existen reportes de que pueden llegar a tomar hasta el 90% de los recursos del hospedero), los cuales son extraídos mediante una conexión vascular que es adherida a las ramas de cada árbol provocando una atrofia progresiva que tiene inicio en la zona en donde se implanta la semilla del muérdago.



Figura 1. Ejemplo de cada uno de los géneros de muérdago verdadero de importancia en México a) *Arceuthobium* b) *Phoradendron*, c) *Psittacanthus* y d) *Struthanthus*.

Los árboles que son infectados por el muérdago pueden llegar a morir y esto depende del grado de infección que presenten (leve, moderado o severo). Los principales daños al arbolado que se observan a causa de la presencia de muérdago, es que comienzan a frenar su crecimiento en diámetro como en altura, además de presentar distintas coloraciones en sus ramas (porque su follaje es lanceolado y de color verde fuerte) además de reducir la floración, lo que acarrea consigo pérdidas económicas y ecosistémicas. De acuerdo con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, existen 10 géneros y se han reportado alrededor de 150 especies. Los géneros más comunes en el país pertenecen a *Arceuthobium*, *Phoradendron*, *Psittacanthus* y *Struthanthus* (Figura 1). Se preguntarán, ¿Dónde podemos encontrar los muérdagos?, pues estos se distribuyen desde Estados Unidos de Norteamérica hasta Sudamérica. González et al., (2017) mencionan que el muérdago se encuentra ampliamente distribuido en nuestro país en varios estados y con diferentes porcentajes (Tabla 1, Figura 2).

Tabla 1. Distribución de Muérdago Verdadero en nuestro País

| Estado | Porcentaje (%) |
|-----------|----------------|
| Chihuahua | 8.5 |
| Durango | 15 |
| Jalisco | 12 |
| Nayarit | 10 |
| Sinaloa | 10 |
| Sonora | 9 |
| Zacatecas | 24 |

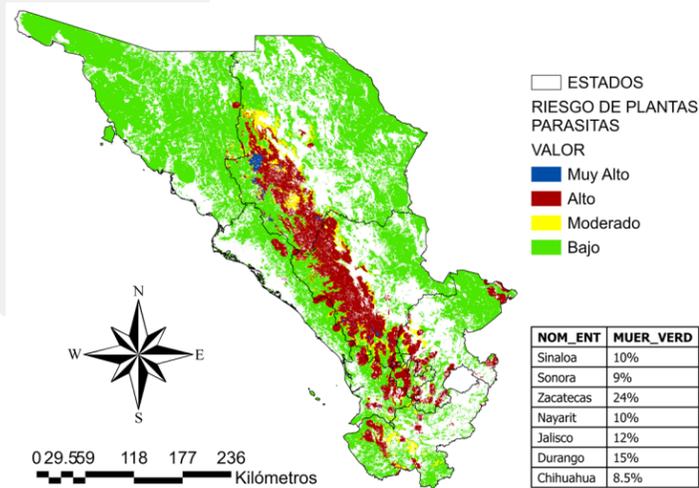


Figura 2. Distribución del muérdago verdadero en México

Al muérdago se le considera como el segundo agente biológico que afecta los bosques templados, lo que hace que el arbolado se encuentre predispuesto al ataque de alguna plaga o enfermedad. Algunos autores como Alvarado-Rosales y Saavedro-Romero (2017), mencionan que en la última década en el país se han reportado 259,977 ha afectadas por los géneros *Phoradendron* y *Arceuthobium*, y específicamente para Durango el muérdago ha afectado un 12% de superficie y 11% de volumen a los bosques. El género *Phoradendron* tiene un ciclo de vida (Figura 3) que comienza con la dispersión de la semilla de manera explosiva o también porque es dispersada por aves. El muérdago tiene un ciclo de vida largo (el tiempo transcurrido entre la infección y la producción de semillas es típicamente de cuatro a seis años) (Cepeda, 2012).



Figura 3. Ciclo de vida de las plantas parásitas (muérdago verdadero)

Por otro lado, existen diferentes métodos de control y la CONAFOR sugiere que para tratar al muérdago verdadero y poder combatirlo, se deben realizar podas utilizando herramientas propias para esta labor como: tijeras o sierra curva, ya que el sistema radicular (raíz) del muérdago es sistémico, por lo tanto, es necesario eliminar una parte de la rama aun cuando una porción de éste no se observen síntomas. En caso de dejar el sistema radicular del muérdago este llega a brotar en un tiempo no mayor a seis meses. Sin embargo, la opción más promisoría en un menor tiempo es el control químico a través del uso de herbicidas por aspersión directa a la planta y por inyección al troco del hospedante, se recomienda que la aplicación se realice antes de que la semilla se disperse y que sea en invierno. El etefón (ácido 2-cloroetil fosfónico) es un regulador de crecimiento que libera etileno y mejora el proceso de maduración, lo cual favorece la abscisión del brote de muérdago (Contreras-Ruiz et al., 2018).

Existen diferentes métodos de control en la actualidad, lo importante es poder reconocer la importancia de esta enfermedad y poder combatirla en tiempo, antes que afecte el arbolado sano de los ecosistemas forestales y urbanos.

Referencias

1. Alvarado Rosales, D., y Saavedra Romero, L. L. (2017). Memorias Del Foro Nacional: Las Plantas Parasitas En México. CONACYT. <https://centrosconacyt.mx/objeto/controlar-las-plagas-sin-danar-elmedioambiente/#:~:text=Las%20plantas%20par%C3%A1sitas%20son%20un,%2C%20Arceuthobium%2C%20Viscum%20y%20Phoradendron.>
2. Cepeda, M. G. (2012). Identificación, Incidencia Y Severidad Del Muérdago *Phoradendron* Spp En La Sierra De Arteaga, Coahuila (tesis de maestría), Universidad Autónoma Antonio Narro, Coahuila, México.
3. Contreras-Ruiz, C., Alvarado-Rosales D., Cibrián-Tovar D. y Valdovinos-Ponce G. (2018). Control químico con etefón (ácido 2-cloroetil fosfónico) del muérdago verdadero *Struthanthus interruptus* (KUNTH) G. DON. *Agrociencia*, 52 741-755.

Guías de excursiones botánicas en Durango: Impulsando el ecoturismo y la cultura ambiental

México es uno de los 10 países con mayor oferta y demanda turística (1). Desde el turismo clásico de sol y playa, el arqueológico que revaloriza el testimonio de las civilizaciones prehispánicas, el cultural que refleja la impronta europea y las obras contemporáneas, hasta el turismo alternativo con fuerte vinculación con la naturaleza, como el ecoturismo. Esta última oferta ha tenido mayor demanda en los últimos años debido a que la comunidad turística mundial comienza a ser más experimentada, exigente, crítica sobre problemáticas ambientales y consciente de la calidad de las ofertas (2).

El turismo es uno de los temas prioritarios del gobierno mexicano y para Durango representa una actividad económica de suma importancia. Durango tiene una superficie de 123,451 km², en donde la orografía, los climas y su localización espacial determinan la presencia de una elevada biodiversidad y una belleza paisajística sinigual. Por ejemplo, en el estado están representados 14 de los 15 tipos de vegetación de México (3), y se reconocen alrededor de 4,500 especies de plantas nativas (4). El conjunto de las características antes descritas permiten que el ecoturismo en Durango sea atractivo y exitoso.

En esta contribución se resalta a la botánica como un elemento para el impulso del turismo de naturaleza, y se busca transmitir conocimientos sobre la biodiversidad y crear cambios de actitud sobre la conservación y el uso sustentable de la diversidad vegetal en la sociedad. La comunicación se dirige a personas, grupos y comunidades de todos los sectores. Se espera que a través de actividades de esparcimiento, como las excursiones botánicas, se transmita a la sociedad la estrecha relación que existe entre plantas y los mecanismos naturales que sostienen la vida y nuestra cultura.

Durante los años 2018 y 2019 se desarrollaron guías de excursiones botánicas para la visita de cinco áreas naturales protegidas de Durango (Tabla 1). Las guías parten de la estrategia de la interpretación ambiental como herramienta para la conservación de la flora y la promoción de una cultura ambiental. A partir de las visitas a las áreas y del consenso con los pobladores locales y técnicos operativos, se diseñaron senderos que incluyen parajes para la observación del paisaje y elementos de la flora, además de itinerarios consensuados y recomendados para las caminatas en las áreas, y descripciones para todos los tipos de vegetación y plantas con importancia cultural, biológica o estética, todo acompañado de fotografías.

El conjunto de las 5 guías incluye cerca de 200 km de senderos y 48 parajes. Los parajes son espacios para la observación y análisis de las condiciones del entorno. Junto a la descripción de parajes se incluyeron imágenes para todos los tipos de vegetación encontrados (Figura 1), fotografías para más de 300 especies de la flora de Durango (Figura 2) y actividades lúdicas para promover la cultura ambiental. Las guías de excursiones botánicas serán difundidas en formato impreso y digital en un corto plazo. Se busca que sus contenidos aporten: a) al impulso del turismo de naturaleza, b) generen conocimientos sobre las vocaciones productivas de la región, c) induzcan en la gente actitudes sobre la conservación de la diversidad vegetal, d) favorezcan la educación y cultura ambiental, e) vinculen personas, grupos y comunidades de todos los sectores de la sociedad, y f) fortalezcan las actividades económicas y el sustento de habitantes en comunidades rurales de Durango.



Figura 1. Paisajes típicos en cinco áreas naturales protegidas del estado de Durango, México. A. Bosque de coníferas en la Barranca del Arroyo El Infiernillo del Área de Protección de Recursos Naturales Quebrada de Santa Bárbara. B. Bosque de pino y encino en el Bordo Cielo Azul del Parque Estatal El Tecuán. C. Matorral xerófilo en el Paraje Prehistoria Natural de la Reserva de la Biosfera Mapimí. D. Matorral xerófilo en el Paraje Cuatro Yucas del Parque Estatal Cañón de Fernández. E. Bosque de pino y encino en el Paraje Vista Preciosa de la Reserva de la Biosfera La Michilía.

Arturo Castro Castro^{1,2,3}

1Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, CIIDIR - Durango.

2Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

3Jardín Etnobiológico Estatal de Durango.

acaastro@conacyt.mx

Un aspecto adicional al que las guías de excursiones botánicas aportarán, tiene que ver con la revaloración de la identidad, el sentido de pertenencia y el arraigo de los durangenses a su territorio. Existen múltiples símbolos de identidad en la naturaleza que sin duda nos permiten sentirnos propios de una región.

Por ejemplo, para los habitantes de la región de la sierra de Durango debe ser común identificarse con el clima frío o templado, con los paisajes lluviosos o nevados y dominados por pinos, encinos y mirasoles, y el olor a leña; mientras que para un poblador de la zona semidesértica del estado el sentir es distinto y se identifica con el clima cambiante entre el día y la noche, un paisaje silencioso dominado por cactáceas, agaves y arbustos diversos, y el olor característico de la gobernadora; así mismo un residente de las partes tropicales recordará su territorio por las condiciones cálidas y húmedas, el escenario colorido y cambiante con la estacionalidad y dominado por mezquites, pitayos o guamuchiles, y un olor a copal y huizache.

Estos símbolos de identidad suelen erosionarse tras la homogenización cultural y la migración, y su poca valoración remata en temas graves como el desuso de las lenguas indígenas, la falta de transmisión de conocimientos tradicionales y la pérdida del patrimonio biocultural.

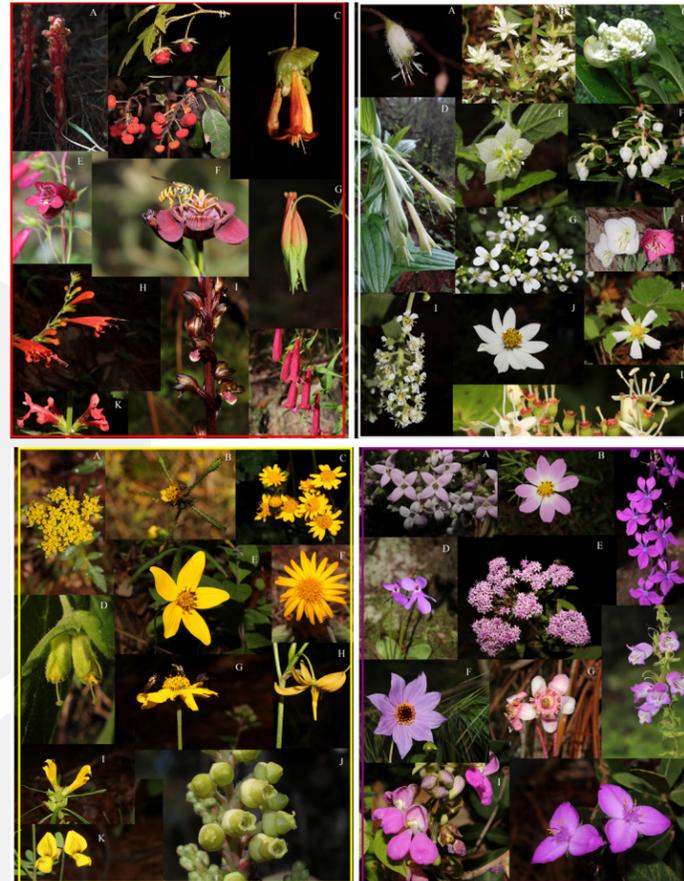


Figura 2. Muestra de los contenidos fotográficos sobre la flora en la guía de excursiones botánicas al Área de Protección de Recursos Naturales Quebrada de Santa Bárbara, Pueblo Nuevo, Durango, México. Marco rojo: A. *Hypopitys monotropa* (Ericaceae). B. *Rubus* sp. (Rosaceae). C. *Lonicera pilosa* (Caprifoliaceae). D. *Arbutus* sp. (Ericaceae). E. *Penstemon* sp. (Plantaginaceae). F. *Tigridia multiflora* (Iridaceae). G. *Aquilegia skinnerii* (Ranunculaceae). H. *Agastache coccinea* (Lamiaceae). I. *Corallorhiza* (Orchidaceae). J. *Penstemon* sp. (Plantaginaceae). K. *Stachys coccinea* (Lamiaceae). Marco blanco: A. *Cerastium madrese* (Caryophyllaceae). B. *Sedum guadalajaranum* (Crassulaceae). C. *Hidrangea seemannii* (Hydrangeaceae). D. *Lithospermum macromeria* (Boraginaceae). E. *Jaltomata procumbens* (Solanaceae). F. *Vaccinium stenophyllum* (Ericaceae). G. *Nasturtium officinale* (Brassicaceae). H. *Oenothera* sp. (Onagraceae). I. *Prunus serotina* (Rosaceae). J. *Cosmos palmeri* (Asteraceae). K. *Fragaria* sp. (Rosaceae). Marco amarillo: A. *Arracacia* sp. (Apiaceae). B. *Asteraceae*. C. *Heteroteca* sp. (Asteraceae). D. *Lonicera involucrata* (Caprifoliaceae). E. *Bidens* sp. (Asteraceae). F. (Asteraceae). G. *Senecio* sp. (Asteraceae). H. *Echeandia longipedicellata* (Anthericaceae). I. *Pedicularis angustifolia* (Orobanchaceae). J. *Arbutus arizonica* (Ericaceae). K. *Crotalaria* sp. (Fabaceae). Marco morado: A. *Houstonia rubra* (Rubiaceae). B. *Cosmos bippinnatus* (Asteraceae). C. *Lobelia sinaloe* (Campanulaceae). D. *Pinguicula oblongiloba* (Lentibulariaceae). E. *Stevia* sp. (Asteraceae). F. *Dahlia sherffii* (Asteraceae). G. *Chimaphilla maculata* (Ericaceae). H. *Penstemon campanulatus* (Plantaginaceae). I. *Phaseolus* sp. (Fabaceae). J. *Gibasis linearis* (Commelinaceae).

| Nombre ANP | Localización |
|---|---|
| 1. Área de Protección de Recursos Naturales Quebrada de Santa Bárbara | Al suroeste de El Salto en el municipio de Pueblo Nuevo |
| 2. Parque Ecológico El Tecuán | Al oeste de la ciudad de Durango en el municipio de Victoria de Durango |
| 3. Reserva de la Biosfera Mapimí | Al noreste del estado y compartida con Chihuahua y Coahuila |
| 4. Parque Estatal Cañón de Fernández | En el cañón del Río Nazas al suroeste del municipio de Lerdo |
| 5. Reserva de la Biosfera La Michilía | Al sureste de Durango en el municipio de Súchil |

Tabla 1. Cinco Áreas Naturales Protegidas del estado de Durango, México.

Referencias

- Organización Mundial de Turismo (2017). Yearbook of tourism statistics, data 2011–2015. Edición 2017.
- Liu, Z. (2003). Sustainable tourism development: a critique. *Journal of Sustainable Tourism* 11, 459-475.
- González-Elizondo, S., González-Elizondo, M. & Márquez-Linares, M. (2007). Vegetación y ecorregiones de Durango. CIIDIR-Instituto Politécnico Nacional.
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87, 559-902

DISEÑO HIDROLÓGICO CON LÍNEA CLAVE: METODOLOGÍA PARA CONSERVAR SUELO EN EL EJIDO SAN JOSÉ DE TUITÁN, NOMBRE DE DIOS, DGO.

Felipa de Jesús Rodríguez Flores¹, María Elena Pérez López², Judith Amador Sierra², Karla García¹.

¹Universidad Politécnica de Durango,

²Instituto Politécnico Nacional - Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Durango.

felipa.rodriguez@unipolidgo.edu.mx

Las áreas agrícolas de temporal presentan además de una deficiente cantidad de agua y una pobre retención de ésta, una baja calidad de suelo, escasa materia orgánica y problemas de erosión, particularidades que se observan, entre otros muchos, en el ejido de San José de Tuitán, localidad ubicada en Nombre de Dios, Durango, donde se utilizan técnicas tradicionales de cultivo que no son sustentables por el mal uso de la relación agua-suelo, lo que provoca deterioro del rendimiento potencial, lo cual repercute en un mayor gasto de mano de obra y combustible.

Para lograr prácticas agrícolas adecuadas se han desarrollado investigaciones en países como México, Suiza y Cuba en donde se pone como objetivo la conservación de suelo. Una de las soluciones que se proponen para minimizar este deterioro es implementar técnicas de conservación de agua y suelo entre las que se encuentra el diseño hidrológico con línea clave (DHLC) (Cortés, 2013).

Con el DHLC se optimiza el agua de la lluvia dentro de la parcela, aumenta la infiltración y evita la erosión, conjunto a esto con el tiempo se mejora el suelo y permite un aumento en la productividad agrícola. El DHLC fue desarrollado en los años 50 en Australia por el ingeniero Alfred Yeomans. Esta metodología se basa en modificar el patrón de cultivo conduciendo las escorrentías de las vertientes hasta las laderas, con lo que se reduce la concentración de aguas en las vertientes, también su velocidad y con ello se favorece la infiltración, lo cual deja mayor tiempo al agua en el terreno y con ello queda disponible por una mayor cantidad de tiempo y reduce el arrastre del suelo (Ponce-Rodríguez et al., 2019) (Figura 1).

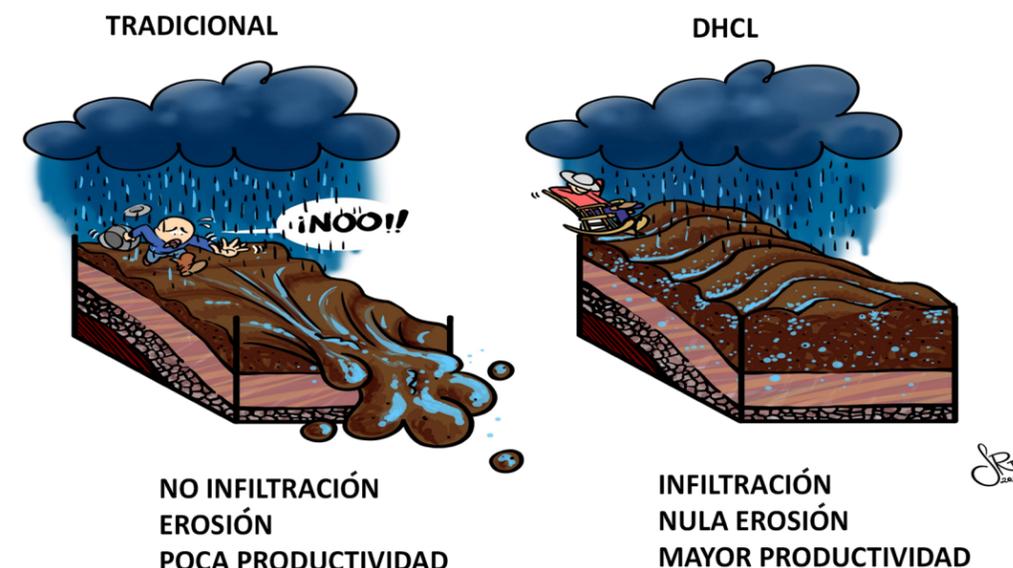


Figura 1. DHLC vs Método tradicional

Para realizar el DHLC se reúnen los registros correspondientes al ciclo del agua en la parcela de interés y se revisa su respuesta hidrológica, con ello se toman las medidas más adecuadas para modificar el movimiento del agua, que como ya se dijo, con el objetivo de reducir la velocidad del escurrimiento superficial, aumentar la infiltración, dar una mayor eficiencia para conducir las aguas de las tormentas, con ello evita la erosión conjunto a esto con el tiempo se mejora el suelo y permite un aumento en la productividad agrícola. (Amador, 2019). Para iniciar se debe considerar la topografía del sitio, establecer las curvas de nivel e identificar el punto de mayor inflexión en la zona que se usa como base para establecer el surcado. Para definir la pendiente que permita una mejor distribución del agua de lluvia, se debe considerar el tipo de suelo, los eventos de precipitación y las necesidades hídricas del cultivo; para apoyar el mantenimiento del DHLC se pueden establecer

árboles u otras plantas que permitan sostenerla en el terreno (Gras, 2013).

El DHLC implica trabajos de topografía que aumentan el costo de producción, sin embargo, una vez ubicada, puede ser usada permanentemente, en otras palabras, los costos de implementación son altos, pero los beneficios a largo plazo pagarán muchas veces la inversión. Considerando lo anterior, se han implementado ensayos del DHLC en el ejido San José de Tuitán, donde la investigación de Aragón-Díaz, 2021, describe que el ejido tiene 362 parcelas y el 42% presenta un grado de baja a moderada erosión. Esta degradación es causada por el sobrepastoreo y malas prácticas agrícolas en la zona de acuerdo con el Ordenamiento Territorial del Municipio de Nombre de Dios (DOF, 2020). La precipitación media anual es de 500 a 600 mm con mayor presencia en verano. Es un área con suelo pobre, pedregoso y superficial con poca materia orgánica y con problemas de escorrentía.

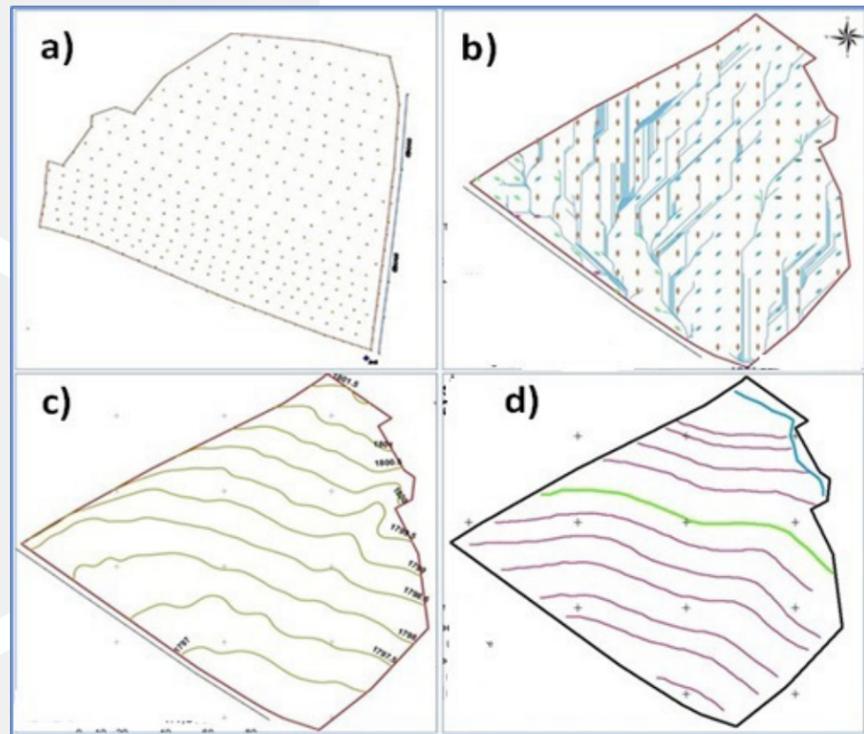


Figura 2. (a) la ubicación de los puntos topográficos del terreno, (b) el flujo del agua, (c) el diseño de las curvas de nivel, (d) posteriormente se selecciona el punto clave

En la Figura 2 se observa la metodología de la implementación del DHLC a través de Sistemas de Información Geográfica en el cual se utilizó el software Arc Map Versión 3.10; (a) muestra el área delimitada, la ubicación de los puntos topográficos del terreno el diseño de las curvas de nivel, el flujo del agua, posteriormente se selecciona el punto clave y con base en este último punto se establece el surcado. Hasta ahora se han realizado 3 ensayos donde se ha observado que la producción es mayor que en las parcelas aledañas donde no se utilizó la línea clave.

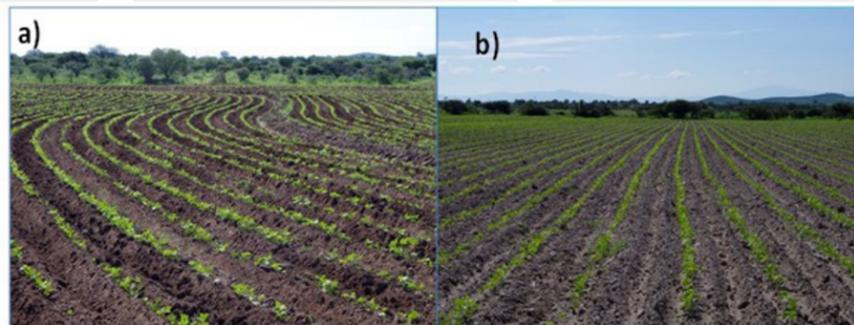


Figura 3. DHLC (a) vs Método tradicional (b) en San José de Tuitán

En la Figura 3 se observan las actividades del surcado, del DHLC contra el sistema tradicional, durante el proceso se busca hacer más lento el movimiento del agua, con diseños que redistribuyen el flujo natural y se persigue la mayor absorción de agua posible en áreas más altas, previene la concentración rápida de flujos, atenuando de esta manera la pérdida de nutrientes del suelo y el arrastre de sedimentos por erosión, en las parcelas se trató de cuidar a detalle lo anterior debido a que la zona es muy pedregosa y con suelos muy calichosos.

Las diferencias más importantes entre esta técnica y el método tradicional es que la de DHLC provee mayor conservación de humedad y con el tiempo conserva los nutrientes, aumentando la producción agrícola. En el cultivo tradicional con el tiempo hay una pérdida de nutrientes y debido a que la formación de surcos son rectos, producen erosión. En México existen diversos especialistas que, de manera empírica, han desarrollado exitosos proyectos de DHLC en múltiples áreas (ganaderos, agrícolas, turísticos, forestales y de belleza escénica), sin embargo la investigación formal es escasa y Durango ha sido pionero en el estudio técnico del DHLC. Existen proyectos desarrollados por diversas instituciones de investigación en donde han colaborado académicos, estudiantes y agricultores, cuyos resultados coinciden en que el DHLC permite el aumento de la humedad del suelo, disminuye la erosión y se obtiene un mayor rendimiento en los cultivos. (Amador, 2019; García 2021, Ponce-Rodríguez et al., 2021 y Alonso et al 2021).

Ponce-Rodríguez et al., 2021, implementaron el DHLC en el mismo poblado, en 7 hectáreas con *Phaseolus vulgaris L.* (frijol), donde encontraron que el área con DHLC retuvo la humedad un 5% más que en cultivo tradicional; con respecto a la producción de frijol, esta fue 126% mayor que la producción regional de temporal y se evitó el arrastre de sedimentos (29 toneladas menos) al disminuir la velocidad de escorrentía. Ver Figura 4.



Figura 4. Vista del método tradicional contra el DHLC del trabajo de Ponce Rodríguez, et al, 2021 (tomado con permiso de los autores)



Figura 5. Identificación de punto y línea clave en la parcela

Estos trabajos han permitido sentar las bases para realizar evaluaciones cada vez más finas del DHLC, donde los principales parámetros a considerar para desarrollar el modelo hidrológico son la pendiente, textura, tipo de cultivo y los eventos de precipitación. Para la apropiación social de esta técnica es necesario que los agricultores vean resultados positivos y con ello tomen la decisión de cambiar la manera en que gestionan sus terrenos, por lo que es vital que se le de difusión adecuada a estos trabajos y el establecimiento de una parcela modelo.

Agradecimiento. Gracias por el apoyo al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango (COCYTED) por para realizar el proyecto "Implementación de parcelas demostrativas del diseño y trazo hidrológico con la técnica del Keyline en zonas agrícolas de San José del Tuitán, Nombre de Dios" con número de folio 98, financiado dentro la Convocatoria para el Impulso a la Vinculación mediante Proyectos Academia - Empresa - Sociedad 2019-01.

Referencias

1. Alonso, N. F. G., Del Carmen, P. R. M., Ángel, P. G. M., Emily, G. M., Cárdenas, O. R., & Marcelo, L. S. P. 2021. Evaluation of a Hydrological Design Applied to Rainfed Agriculture Using Vegetation Indexes. <http://www.academicstar.us/issueshow.asp?daid3866> Consultado 22 de febrero de 2022
2. Amador Sierra Judith, 2019. Implementación del diseño hidrológico con líneas clave con frijol de temporal Durango. Tesis de maestría en Nombre de Dios. CIDIIR-IPN. Pág. 60. Durango, Dgo.
3. Aragón Díaz Yesenia. 2021. Proyecto de estadía Inventario de las tierras de temporal, de acuerdo con el uso del suelo, con problemas de deterioro y baja productividad para establecer parcelas para el diseño hidrológico con keyline clave en San José de Tuitán, Nombre De Dios, Dgo. Universidad Politécnica de Durango. Páginas 1-110
4. Cortés, H. (2013). Manual técnico. Diseño Hidrológico del terreno (sistema keyline) en parcelas agrícolas con precipitación limitada. Jiutepec, Morelos: IMTA.
5. Diario Oficial de la Federación. (DOF número 36). Aprobación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Nombre de Dios, Durango
6. Gras, E., Gómez, R., De la permacultura a la agricultura orgánica. www.mashumus.com. [en línea] mayo 2013. <http://www.mashumus.com/index.php/articulos/13-interesante2/52-de-la-permacultura-a-laagricultura>. 15 de mayo 2021.
7. García-García Karla Guadalupe. 2021. Proyecto de estadía "Implementación de la línea clave en terrenos agrícolas del Ejido San José de Tuitán, Nombre de Dios, Durango. Universidad Politécnica de Durango. Páginas 1-85 Ponce-Rodríguez, M.D.C.; Prieto-Ruíz, J.Á.; Carrete-Carreón, F.O.; Pérez-
8. López, M.E.; Muñoz-Ramos, J.D.J.; Reyes-Estrada, O.; Ramírez-Garduño, H. Influence of stone bunds on vegetation and soil in an area reforested with *Pinus engelmannii* Carr. in the forests of Durango, Mexico. *Sustainability* 2019, 11, 5033
9. Ponce-Rodríguez, M.D.C., Carrete-Carreón F- O., Núñez-Fernández G- A., J Muñoz-Ramos J. J and Pérez-López M. E. 2021. "Keyline in Bean Crop (*Phaseolus vulgaris* L.) for Soil and Water Conservation" *Sustainability* 13, no. 17: 9982. <https://doi.org/10.3390/su13179982>

La dieta un factor modificable, y su relación con la depresión y estrés en alumnos de pregrado

La depresión es un trastorno mental que afecta a más de 300 millones de personas y tiene gran frecuencia en los estudiantes de medicina (1). Se caracteriza por: abatimiento, pérdida de interés, sentimientos de culpa, baja autoestima, trastornos del sueño y disminución de las funciones psíquicas (2). En conjunto con la ansiedad, la depresión mayor constituyen uno de los trastornos mentales más comunes en adultos jóvenes 10.9 y 22.3 % respectivamente (3).

Los estudiantes de medicina están expuestos a factores estresantes crónicos intrínsecos de la vida universitaria (prácticas clínicas, carga de trabajo, exámenes y/o elección de especialidad), esto conlleva una disminución del tiempo libre, provocando la manifestación del Síndrome de Burnout. Este síndrome se caracteriza por agotamiento emocional, despersonalización y baja realización personal (4). Existe aumento en la frecuencia de estrés psicológico y síndrome de Burnout en estudiantes de medicina (28-45 %) (5). Estas circunstancias anómalas tienen gran impacto para el desarrollo de depresión por lo que es crucial analizar los factores que se relacionan con el desarrollo o atenuación del estrés, como el estilo de vida y la alimentación; ya que los desórdenes alimenticios, afectan negativamente la salud física y mental, cabe recalcar a que la dieta modula procesos biológicos como el estado del ánimo, la plasticidad cerebral y el sistema de respuesta al estrés e inflamación (6).

César Iván del Angel Leiva, Saul Arturo Suazo Sallard, María Cristina Flores Flores, Claudia Muñoz Yañez y Janeth Oliva Guangorena Gómez.

1Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Juárez del Estado de Durango

janethguangorenagomez@gmail.com

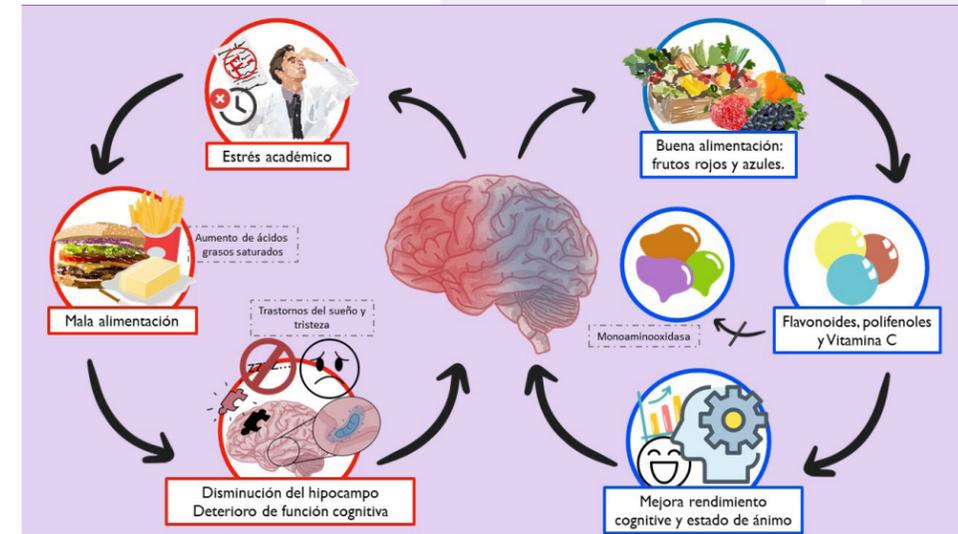


Figura 1. Dieta-depresión

Un estudio piloto realizado por nuestro grupo de investigación a 60 estudiantes de las carreras de Medicina y Nutrición de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UJED, se encontró un porcentaje de depresión del 27%, además el 17% tuvieron estrés moderado y el 10% severo. Se encontró una relación con el porcentaje del nivel de estrés y el nivel de depresión, es decir al aumentar el nivel de estrés aumentan también los síntomas de depresión (7). Esto se apoya en la evidencia del papel como elemento detonante y perpetuador del estrés académico sobre la depresión. Respecto al consumo de macronutrientes, se observó una dieta no equilibrada en cuanto al porcentaje de lípidos y carbohidratos, 41.06% y 43.64% respectivamente, y un alto de consumo de ácidos grasos saturados (88.33%).

Otros estudios demuestran disminución del volumen del hipocampo, deterioro de la función cognitiva, de la eficiencia psicomotora, la atención en humanos y aumento del riesgo de depresión y ansiedad, en sujetos con dieta rica en alimentos grasos (8).

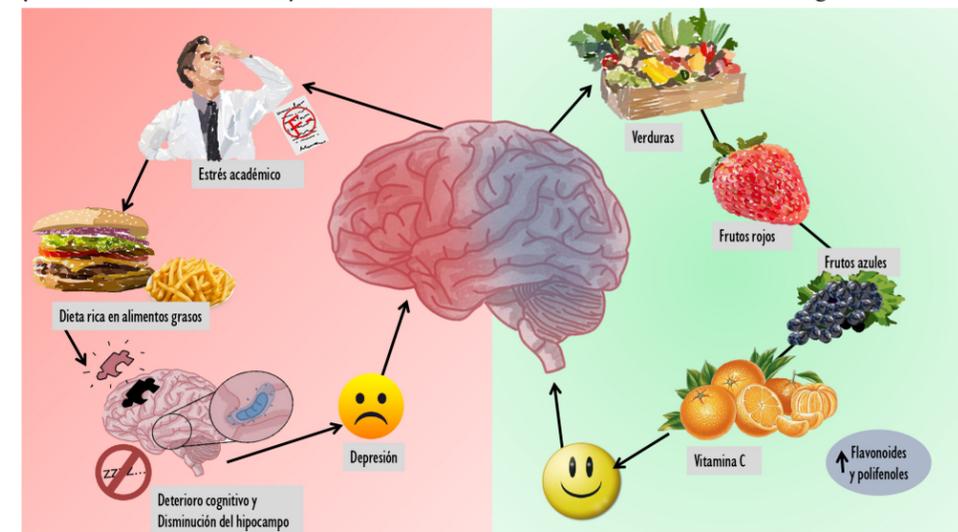


Figura 2. Diagrama dieta-estrés

Existe también una relación negativa entre el consumo de frutos azules y rojos y los niveles de depresión; ya que la disminución de la ingesta de frutas y verduras se asocia con un aumento de los síntomas depresivos (9). La relación inversa de la depresión, con la vitamina E, C y los polifenoles es debido a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (10).

La vitamina C tiene un efecto equivalente a un medicamento antidepresivo (11); mientras que los polifenoles y antocianinas se relacionan con la ingesta mayor de antioxidantes (12). Además los flavonoides, presentes abundantemente en frutos azules como la uva, pueden tener un efecto benéfico el sistema nervioso central y sobre la función cerebral reduciendo el estrés oxidativo y previniendo procesos neurodegenerativos (13).

Los mecanismos que explican los efectos benéficos de los flavonoides incremento en el flujo sanguíneo cerebral, protegiendo contra el estrés neuronal por efecto de las vías antiinflamatorias, antioxidante y la inhibición de la *monoaminoxidasa*, enzima encargada de la eliminación de ciertos neurotransmisores como Dopamina y Serotonina (14).

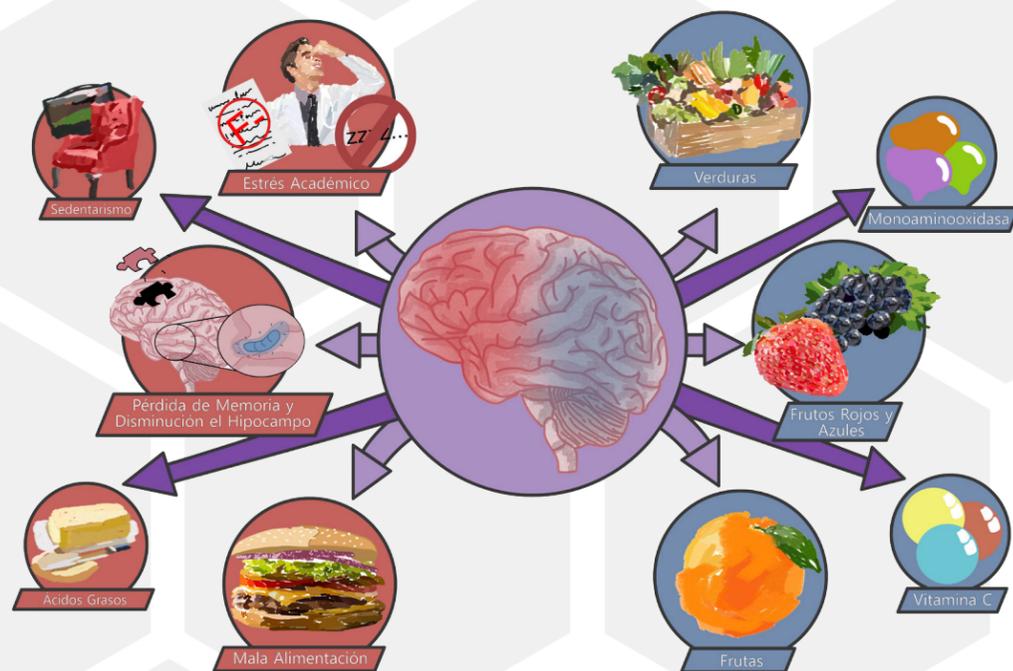


Figura 3. Diagrama estrés-dieta

Debido a lo anterior se sugiere abrir el panorama al estudio de la relación entre los síntomas de depresión, estrés, dieta, de manera que se diseñen estrategias como programas para mejorar los hábitos alimenticios y el estilo de vida, con el fin de mejorar el estado de salud física y mental de los estudiantes.

Referencias

- Romo-Nava F, Tafoya SA, Gutiérrez-Soriano J, Osorio Y, Carriedo P, Ocampo B, et al. The association between chronotype and perceived academic stress to depression in medical students. *Chronobiology International*. 2016;33(10):1359–68.
- Hernandez Serrano C. Depression in old age and its impact on public health in Mexico. *Mexican Journal of Medical Research ICESA* [Internet]. 2020;8(15):16–22. Available from: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/MJMR/article/view/3925>
- Wattick RA, Hagedorn RL, Olfert MD. Relationship between diet and mental health in a young adult appalachian college population. *Nutrients*. 2018;10(8):1–9.
- Alfaro P, Olmos R, Fuentealba M. Artículo Original Síndrome De Burnout Y Factores Asociados En Estu-. *Cimel* [Internet]. 2013;18(2):23–6. Available from: <https://www.cimel.felsocem.net/index.php/CIMEL/article/view/400/236>
- Osada J, Rojas M, Rosales C, Vega-Dienstmaier J. Sintomatología ansiosa y depresiva en estudiantes de medicina. *Revista de Neuro-Psiquiatría*. 2013;73(1):15–9.
- Zboun MH, Abu A. The Effects of Stress on Eating Patterns and Food Preferences among Undergraduate Students in Jordan. *International Journal of Food and Nutritional Science*. 2017;4(2):89–92.
- Vargas-Núñez SA, Pérez-Ávila BS, Muñoz-Yáñez C, Guangorena-Gómez JO. Prevalencia de depresión y estrés y su relación con la dieta en estudiantes de pregrado. *Revista Mexicana de Industria y salud*. 2020;2(12):44–54.
- Dutheil S, Ota KT, Wohleb ES, Rasmussen K, Duman RS. High-Fat Diet Induced Anxiety and Anhedonia: Impact on Brain Homeostasis and Inflammation. *Neuropsychopharmacology*. 2016;41(7):1874–87.
- Jao NC, Robinson LD, Kelly PJ, Ciecierski CC, Hitsman B. Unhealthy behavior clustering and mental health status in United States college students. *Journal of American College Health* [Internet]. 2019;67(8):790–800. Available from: <https://doi.org/10.1080/07448481.2018.1515744>
- Baharzadeh E, Siassi F, Qorbani M, Koohdani F, Pak N, Sotoudeh G. Fruits and vegetables intake and its subgroups are related to depression: A cross-sectional study from a developing country1. Baharzadeh E, Siassi F, Qorbani M, Koohdani F, Pak N, Sotoudeh G. Fruits and vegetables intake and its subgroups are related to d. *Annals of General Psychiatry* [Internet]. 2018;17(1):1–10. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12991-018-0216-0>
- Lang UE, Beglinger C, Schweinfurth N, Walter M, Borgwardt S. Nutritional aspects of depression. *Cellular Physiology and Biochemistry*. 2015;37(3):1029–43.
- Hidalgo GI, Almajano MP. Red fruits: Extraction of antioxidants, phenolic content, and radical scavenging determination: A review. *Antioxidants*. 2017;6(1):1–27.
- Georgiev V, Ananga A, Tsoolova V. Recent advances and uses of grape flavonoids as nutraceuticals. *Nutrients*. 2014;6(1):391–415.
- Fisk J, Khalid S, Reynolds SA, Williams CM. Effect of 4 weeks daily wild blueberry supplementation on symptoms of depression in adolescents. *British Journal of Nutrition* [Internet]. 2020; Available from: <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/effect-of-4-weeks-daily-wild-blueberry-supplementation-on-symptoms-of-depression-in-adolescents/E8ED12AC48E936A4A8D6664B93AD6AA6>

Los alacranes y su reacción a la luz

Eduardo González Ponce¹, Marina Sofía Rodríguez Rangel², Ángeles Avalos¹, Jorge Emanuel Sánchez Rodríguez² y Angélica López Rodríguez¹.

1. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Juárez del Estado de Durango.
2. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad de Guadalajara.

angelica.lopez@ujed.mx

Aunque los alacranes son mayormente nocturnos, su capacidad para detectar y tolerar estímulos luminosos es asombrosa, ya que ellos poseen diversos sistemas de detección de luz además de su sistema visual, que pudieran haber favorecido su supervivencia, durante siglos.

Los escorpiones, mejor conocidos en México como alacranes, son un tipo de arácnidos que tienen la habilidad de modificar su metabolismo en condiciones extremas de temperatura, a la vez que pueden sobrevivir largos periodos de tiempo sin comer. Los alacranes parecen frágiles, pero tienen un exoesqueleto, que es una cubierta protectora en la parte externa de su cuerpo, que entre otras cosas les ayuda a reducir la pérdida de agua de su cuerpo; si se sienten amenazados, al final de la cola tiene un aguijón venenoso, que usaran agresivamente para defenderse,

y por si fuera poco ellos pueden camuflajearse con el ambiente. Los alacranes son considerados como “fósiles vivos” ya que algunos estudios antropológicos demuestran que conservan características morfológicas de fósiles de escorpiones provenientes de la era paleozoica, que representa un periodo en el cual surgieron los artrópodos. Estos animales tuvieron la capacidad de adaptarse a los diferentes ecosistemas y actualmente se pueden encontrar en casi todo el globo terrestre, exceptuandolaAntártidayloslugares con climas excesivamente fríos.

En el estado de Durango el alacrán *Centruroides suffusus* representa un símbolo emblemático debido a su abundancia, y aún cuando es una de las especies más venenosas de México, los Duranguenses hemos aprendido a convivir con estos bichos... a pesar de que su presencia siempre intimida (por

aquello de que son venenosos, sin mencionar lo dolorosa que es su picadura), frecuentemente se incluyen tanto en los souvenirs como en los mitos y leyendas del lugar e incluso en los alimentos. Curiosamente, como parte de sus mecanismos de supervivencia, los alacranes suelen tener una madriguera, desde donde salen a cazar y a la cual luego regresan. Esto puede parecer muy simple, pero no lo es si pensamos que ellos tienen un cerebro muy pequeño llamado protocerebro, que aún no se sabe bien cómo funciona; pero, para que los alacranes puedan sentir el ambiente y detectar si se encuentran en un ambiente seguro o si hay cerca de ellos alguna presa o alguno de sus pocos depredadores; el protocerebro debe auxiliarse del sistema nervioso y otros sistemas de detección ambiental. Los alacranes son animales nocturnos y aunque también pueden salir durante el día, experimentalmente se ha observado que son negativamente fototácticos, lo que significa que normalmente, al detectar una fuente de luz brillante escapan a una región comparativamente más oscura.

Se podría pensar entonces que los alacranes tienen sentidos muy desarrollados, como la vista, que les permiten identificar un ambiente seguro y cómodo. Sin embargo, aunque el alacrán de Durango posee órganos visuales de manera evidente: un par de ojos medianos (localizados justo en la parte frontal) y 3 pares de ojos laterales (Figura 1), estos son órganos visuales muy primitivos, que pueden clasificarse como ojos simples. No obstante que los ojos humanos a pesar de su complejidad también se clasifican como ojos simples por contener una sola lente (córnea), los ojos de alacrán (también llamados ocelos) son estructuras más simplificadas, integradas principalmente por células sensibles a la luz (fotorreceptoras), que son las que permiten al animal captar luz, sombras y en algunos organismos también los colores. Asimismo, hay evidencia experimental que sugiere que los alacranes tienen una visión que alcanza los 360° alrededor de su cuerpo. De tal manera que ellos pueden tener una perspectiva panorámica completa, que les ayuda a detectar muchos objetos aun en las noches sin luna.

Interesantemente, apoyando las teorías de adaptabilidad y evolución de los alacranes, algunos estudios demuestran que, mientras los ocelos laterales son altamente sensibles a la luz, estos no pueden detectar imágenes, en cambio los ocelos medianos sí son capaces de detectar imágenes a una baja resolución. Esta diferencia básica podría estar relacionada con el hecho de que microscópicamente existen cambios estructurales en las células fotorreceptoras, ya que mientras que los ocelos medianos forman conjuntos celulares donde cada célula individual puede identificarse, los ocelos laterales parecen integrar una especie de entramado celular continuo, que sugiere una transmisión de señales directa.



Figura 1. Sistemas visuales de *C. suffusus*. Tiene ocelos medianos arriba de la cabeza y ocelos laterales.

Los mecanismos de fototransducción en los que la señal luminosa detectada por los ocelos se convierte en la señal eléctrica que se interpreta en el protocerebro como imagen no se conocen en el alacrán; aunque al analizar su anatomía interna queda claro que los sistemas oculares y nerviosos están interconectados, como se aprecia en la Figura 2. En diversas especies de alacranes se ha demostrado que las células fotorreceptoras, tanto de los ojos laterales como de los medianos, son más sensibles a longitudes de onda del espectro electromagnético correspondientes a luz verde (-500 nm), con un pico secundario de sensibilidad de los ojos laterales a la luz ultravioleta (UV) (350–400 nm), aunque son insensibles a la luz infrarroja (IR) (>675 nm).

Así, que cuando los alacranes son experimentalmente expuestos a la luz ultravioleta o verde, estos modifican su locomoción, induciendo al alacrán a moverse de forma rápida y esporádica para huir a un refugio oscuro; ya que parece que esta longitud de onda les lastima de alguna manera.

Por otra parte, no es muy sorprendente que las longitudes de onda de la luz infrarroja no les moleste, ya que se sabe que algunos animales como las víboras y los murciélagos, entre otros, utilizan esta longitud de onda como una especie de visión térmica.

Más allá de su particular capacidad ocular de detectar la luz, se ha evidenciado que los alacranes también tienen fotorreceptores no retinales en su cola y que, además, todos los alacranes emiten un brillo singular cuando se exponen a una fuente de luz ultravioleta. A este peculiar fenómeno se le denomina fluorescencia y en el alacrán ocurre cuando una sustancia que se encuentra en la cutícula que recubre todo su exoesqueleto absorbe la energía en forma de luz UV y emite parte de esta energía en forma de luz azul-verdosa tal y como se observa en la Figura 3.

En experimentos en los que se ha expuesto alacranes a la luz ultravioleta con y sin cubrir los ocelos, se observó que estos animales usan todo su cuerpo como dispositivo de detección de luz, de manera que se sugiere que la fototransducción de la señal luminosa desde la cutícula hacia el sistema nervioso del alacrán, en teoría podría ayudar al alacrán a detectar mejor las señales luminosas, para así asegurar su supervivencia y orientarse preferentemente hacia un refugio oscuro. Hay grupos de investigación científica que proponen que la fluorescencia pudiera proteger a los alacranes de la luz solar, favorecer la atracción sexual o simplemente ser un mecanismo para confundir a su presa. Lo cierto es que el hecho de que los alacranes flouezcan podría ser benéfico para que los humanos los detecten y huyan de ellos en la oscuridad aunque, se necesitarían lentes especiales para ver la fluorescencia.

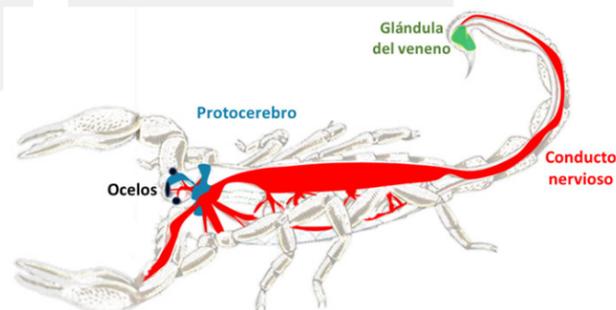


Figura 2. Conexiones nerviosas de alacrán. El conducto nervioso comunica cada parte, de cabeza a cola.

Por otra parte, aun cuando se han detectado varias moléculas por las que el alacrán podría flouescer (ej. beta-carbolina y 7-hidroxi-4-metilcumarina, entre otras), en realidad el origen de la flouescencia todavía no está bien definido, pero lo que sí está claro es que estos artrópodos tienen múltiples sistemas de adaptación que aseguran su supervivencia, que podrían o no representar un punto de divergencia ancestral de los sistemas sensoriales entre vertebrados e invertebrados, como los sistemas de detección de la luz.

De manera que el análisis de las proteínas expresadas en *C. suffusus* puede ser otra alternativa para aprovechar la abundancia de alacranes en el estado de Durango, a la vez que se puede intentar comprender los mecanismos moleculares de la adaptación de sistemas ópticos especializados en un fósil vivo.



Figura 3. Alacrán de Durango flouesciente. El exoesqueleto del alacrán emite flouescencia, pero no sus ocelos.

GLOSARIO

Era paleozoica. Ocurrió aproximadamente hace 541 a 252 millones de años. Representa el periodo en el que proliferaron las formas de vida más antiguas conocidas (seres con conchas o exoesqueletos) y la diversificación de especies que incluyó la transición entre el reino de animales invertebrados y el de los vertebrados (como el humano).

Artrópodo. Representan el filo más grande y diverso del reino animal. El grupo incluye invertebrados dotados de un esqueleto externo y apéndices articulados. Los arácnidos y los crustáceos se encuentran en este grupo, entre otros organismos.

Centruroides suffusus. Animal artrópodo, de la clase arácnida. Pertenece a la familia *Buthidae*, del orden Scorpiones. Especie de talla media (alcanza los 7 centímetros). Color ocre con una mancha oscura en su carpacho (parte superior de la cutícula). Su picadura puede llegar a representar un riesgo a la salud.

Madriguera. Especie de nido, excavación o túnel que algunos animales hacen en la tierra para protegerse.

Protocerebro. Parte del sistema nervioso del alacrán, que procesa la información óptica. Se localiza en la cabeza.

Longitudes de onda. Se refiere a la distancia periódica de las ondas electromagnéticas que viajan desde el sol, a través del espacio. Se miden en nanómetros (nm = 10⁻⁹ metros). Cierta rango de longitudes de onda clasificado como “espectro visible” puede ser percibido en forma de colores, mientras para detectar otras longitudes de onda se requieren aparatos especiales.

Referencias

1. Stachel, S. J., Stockwell, S. A., & Van Vranken, D. L. (1999). The fluorescence of scorpions and cataractogenesis. *Chemistry & biology*, 6(8), 531-539.
2. Prévost, E. D., & Stemme, T. (2020). Non-visual homing and the current status of navigation in scorpions. *Animal cognition*, 23(6), 1215-1234.
3. LOCKET, A. (2001). Eyes and vision. In P. Scorpion Biology and Research. New York, NY: Oxford University Press. Pp. 79-106
4. Fleissner G, Fleissner G (2001) Night vision in desert scorpions. *Scorpions 2001*; In Memoriam Gary A Polis. British Arachnological Society, UK, pp 317-324
5. Wendruff, A. J., Babcock, L. E., Wirkner, C. S., Kluessendorf, J., & Mikulic, D. G. (2020). A Silurian ancestral scorpion with fossilised internal anatomy illustrating a pathway to arachnid terrestrialisation. *Scientific reports*, 10(1), 1-6.

Bloques multinutricionales con nopal fermentado: Una alternativa de alimentación de rumiantes en época de sequía

Esperanza Herrera Torres¹, Gerardo Pamanes Carrasco², ¹Manuel Mata Escobedo¹, Darío Cisneros¹, Manuel Murillo Ortiz³

¹TecNM - Instituto Tecnológico del Valle de Guadiana
²CONACYT-Universidad Juárez del Estado de Durango,
³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango

heto99@yahoo.com.mx

La alimentación animal es el factor tecnológico más importante en los sistemas de producción animal y de ella depende la eficiencia en el comportamiento animal y en un buen retorno económico. En las zonas áridas del norte de México y durante la época de sequías es recomendable la suplementación del ganado en pastoreo. La suplementación con bloques multinutricionales (BM) es una de las prácticas más eficientes debido a que su transporte, almacenamiento y manejo, evita el desperdicio de alimentos lo cual se traduce en la reducción de los costos de producción. Los BM están elaborados con diferentes ingredientes dentro de los cuales debe ir una fuente de forraje, un aglutinante y minerales. Generalmente como fuente de forraje se considera uno de buena calidad como lo es la alfalfa, el cual incrementa el costo del BM, por lo que es necesario incluir nuevas fuentes de forraje de menor precio y calidad similar. Una alternativa es el nopal que mediante un proceso de fermentación en estado sólido se incrementa el contenido de proteína cruda tal y como lo reporta (1) mediante el uso de levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* y *Kluyveromyces marxianus*.

A su vez, (2) menciona que el inculo de levaduras (*Kluyveromyces lactis*) favorece la fermentación del nopal incrementando el valor proteico; además, una característica importante en la utilización de las levaduras en la fermentación del nopal y en la nutrición animal, es que las levaduras ayudan a estabilizar y optimizar la función del sistema digestivo de los rumiantes.

Este mismo autor señala que, la fermentación del nopal podría reducir el periodo de engorda y por lo tanto mejorar la conversión alimenticia (menos kilos de alimento por cada kilo de peso incrementado). Por lo anterior se elaboraron tres BM con los ingredientes que se muestran en la Tabla 1, en donde se sustituye el heno de avena por nopal y nopal fermentado. La fermentación del nopal se realizó en un tambo de plástico en donde se introdujo nopal y levadura *Saccharomyces cerevisiae* al 1% y se dejó por 48 h, tapado y a temperatura ambiente.

Una vez transcurrido este tiempo el nopal fermentado se utilizó como ingrediente el BM. A estos bloques se les determinó la composición química, la digestibilidad de la materia seca y la Energía metabolizable fue calculada con la siguiente ecuación:

$$EM \text{ (Mcal/kg)} = 1.1456 \text{ (ml gas 24h)} + 0.07675 \text{ (%PC)} + 0.1642 \text{ (%EE)} + 1.198 \text{ todo dividido entre 4.184.}$$

Tabla 1. Ingredientes y proporciones de los bloques multinutricionales

| Ingrediente (%) | BMN0 | BMN1 | BMN2 |
|------------------|------|------|------|
| Nopal | 0 | 25 | 0 |
| Nopal fermentado | 0 | 0 | 25 |
| Melaza | 25 | 25 | 25 |
| Heno de avena | 45 | 20 | 20 |
| Minerales | 5 | 5 | 5 |
| Maíz molido | 10 | 10 | 10 |
| Cemento | 5 | 5 | 5 |
| Cal | 5 | 5 | 5 |
| Sal | 5 | 5 | 5 |



Figura 1. Análisis de bloques multinutricionales

Figura 2. Bloques multinutricionales

Una vez analizados los BM, se encontró que la inclusión de nopal fermentado incrementó 69% el contenido de proteína del BM, así como un 26% la digestibilidad de la materia seca y un 37% el contenido de Energía metabolizable comparados con el BM testigo en donde se incluyó el heno de avena; estos resultados se muestran en la Tabla 2. Estos resultados son consistentes con los que reporta (3) quien fabricó dos BM con nopal fermentado y nopal sin fermentar. Por otro lado, (4) alimentaron ovinos con BM que contenían 25% de nopal fermentado, estos autores no encontraron diferencias en el aumento de peso de los borregos comparados con los borregos que consumían un concentrado comercial.

Por otro lado, (5) señalaron que el nopal deshidratado utilizado en concentraciones de 20%, 30% y 40% de la dieta de ovinos en engorda produce ganancias diarias de peso, similares a dietas a base de granos y subproductos de éstos. Además de lo anterior, es importante mencionar que un nuevo término que se introdujo en la producción animal es la sustentabilidad, por lo que es necesario hacer uso adecuado de los recursos naturales.

Tabla 2. Composición química de bloques elaborados con nopal fermentado

| Nutrientes (%) | BM1 | BM2 | BM3 | EEM |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------|
| Materia seca | 92.5 ^a | 80.4 ^b | 73.0 ^c | 0.55 |
| Proteína Cruda | 12.6 ^b | 9.1 ^c | 21.3 ^a | 0.42 |
| Fibra detergente neutro | 35.2 ^a | 17.5 ^b | 14.5 ^c | 0.42 |
| Digestibilidad de la materia seca | 64.6 ^c | 73.28 ^b | 81.7 ^a | 0.93 |
| Energía metabolizable, Mcal/kg DM | 2.9 ^b | 3.2 ^b | 4.0 ^a | 0.04 |

^{abc}Medias con diferentes literal entre las columnas son distintas (P<0.05)



En el caso de los pastizales o agostaderos, el deterioro por el sobrepastoreo es inminente, por lo que el uso de BM elaborados con nopal fermentado es una de las estrategias viables en la suplementación del ganado en pastoreo, sobre todo en el norte de México, donde es abundante el nopal nativo, además en el caso de nopal cultivado, se debe recordar que se necesitan 145 l de agua para producir 1 kilo de materia seca de nopal, mientras que para producir un kilo de heno de avena se requieren 1000 l de agua. De acuerdo a los resultados antes mencionados se concluye que incluir nopal fermentado en BM es viable debido a que mejora las características nutrimentales y disminuye los costos de producción al sustituir un forraje de buena calidad y costo elevado como lo es el heno de avena por nopal fermentado. El uso de nopal solo incluye el costo de la levadura comercial *Saccharomyces cerevisiae*, la cual es de 35 pesos el kilo y se utiliza 20g por cada kilo de nopal.



Referencias

1. Herrera TE, Murillo M, Berumen L, Soto-Cruz NO, Páez-Lerma JB. 2017. Protein enrichment of *Opuntia Ficus-indica* using *Kluyveromyces marxianus* in solid-state fermentation. *Ciencia e Investigación Agraria*. 44:113-120.
2. Díaz PD, Rodríguez CM, Mancillas PF, Ruíz O, Mena SM, Salvador FT, Duran ML. 2012. Fermentación in vitro de nopal forrajero con un inoculo de levadura *Kluyveromyces lactis* obtenida a partir de manzana de desecho. *REDVET*, 13:1:1-7.
3. Vargas O.D.L. (2021). Composición Química y Producción de Gas Metano In Vitro de Bloques Multinutricionales Elaborados con Nopal Forrajero Fermentado. Tesis Licenciatura. Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana/TecNM.
4. Mejía H.J, Delgado J.L, Mejía I., Guajardo I., Valencia M. (2011). Efectos de la suplementación con bloques multinutricionales a base de nopal fermentado sobre la ganancia de peso de ovinos en crecimiento. *Acta Universitaria*, 21:1:11-16. ISSN: 0188-6266. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41618395003>
5. Mejía, H. I. y Mejía, H. J. (2003). Uso del nopal deshidratado en dietas de ovinos en engorda. XXXIX Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. UNAM.



Uso potencial de *Cannabis sativa L.* como alternativa en la alimentación de rumiantes

Elia Esther Araiza Rosales¹, Francisco Oscar Carrete Carreón², Juan Fernando Sánchez Arroyo², Damián Reyes Jáquez³, Daniel Gómez Sánchez⁴

1 CONACYT-Universidad Juárez del Estado de Durango

2 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango

3 TecNM-Instituto Tecnológico de Durango

4 Instituto de Investigación en el Aprovechamiento de la Cannabis A.C.

e_araiza2002@hotmail.com

En Durango, la crianza de ganado bovino productor de carne es una de las principales actividades económicas. En regiones áridas y semiáridas del estado, las pajas de cereales son usadas comúnmente en la alimentación animal, desafortunadamente, estos ingredientes alimenticios proveen una nutrición pobre, debido a las grandes cantidades de materiales lignocelulósicos (1).

En la actualidad, la búsqueda hacia la utilización de alimentos no convencionales como alternativas alimenticias para los animales se ha enfocado al uso de plantas locales que no son empleadas normalmente como alimentos y esto puede ser beneficioso para zonas áridas en donde existe limitada disponibilidad de forraje, aunado a que no representan competencia por alimentos entre humanos y la actividad ganadera (2).

La planta *Cannabis sativa* L., también conocida como cáñamo o marihuana, es considerada como una de las plantas más importantes del reino vegetal, debido a sus características botánicas y químicas; así como a su utilidad para el tratamiento de algunas enfermedades. Es una planta herbácea, cuyo interés farmacológico reside en los cannabinoides, presentes en las sumidades floridas y en la resina de las plantas.



Figura 1. Planta de *Cannabis sativa* L.

De la planta de *Cannabis*, la parte más importante o apetecida en el mercado global es la flor, debido a su alto contenido de cannabinoides, como THC y CBD; sin embargo, otras partes de la planta de no menos importancia cuentan con compuestos que también pueden presentar un potencial cosmético y terapéutico y que pueden ser obtenidos por diversos métodos de extracción (3). Como resultado adicional a las actividades principales de las empresas que conforman el sector agroindustrial, se generan subproductos o residuos agroindustriales que representan cantidades significativas y son considerados un problema ambiental (4). Los residuos agroindustriales han sido considerados un problema ambiental, y su uso ha sido incipiente, en parte, porque su valor es aún desconocido. En la actualidad la protección del medio ambiente se ha convertido en un tema prioritario por lo que es de suma importancia generar alternativas que permitan aprovechar eficientemente dichos residuos en el marco del desarrollo de nuevos productos con valor agregado y de sostenibilidad.

El aprovechamiento racional de los materiales residuales puede brindar rendimientos económicos que pueden contribuir a minimizar los gastos que supone la gestión de residuos. Por tal razón, es fundamental emplear estrategias para el aprovechamiento de residuos que los convierta en materia prima de una nueva cadena de valor con la finalidad de aprovechar estos recursos naturales agroalimentarios. El *Cannabis*, se está evaluando en los últimos años en salud humana, pero en animales ha sido investigada en menor grado.

La obtención de esta información posibilitará generar tecnologías y, como consecuencia, transferirlas a los diferentes sistemas productivos del estado y la región como alternativas reales en la alimentación de ganado bovino. Es por ello, que el objetivo del presente estudio fue evaluar la composición química de esquilmos de *Cannabis sativa* L., como fuente potencial de forraje en la alimentación de bovinos de carne.

Se evaluaron residuos del proceso de la extracción de cannabinoides, los cuales fueron donados por el Instituto de Investigación en el Aprovechamiento de la Cannabis A.C. Las muestras evaluadas fueron: T1= flor de la planta sin extracción (testigo), T2= residuo de la flor después de la extracción con etanol y T3= residuo de la flor después de la extracción por presión. El diseño experimental empleado fue completamente al azar. Se evaluó la composición química del esquilmo, la cual consistió en contenido de compuestos fenólicos, cenizas (Cen), proteína cruda (PC) y extracto etéreo (EE), de acuerdo con la AOAC (5). Los componentes de la pared celular (fibra detergente neutra, FDN; fibra detergente ácida, FDA; Hemicelulosa, Celulosa y Lignina en detergente ácido, LDA) se determinaron con el equipo ANKOM Fiber Analyzer (ANKOM Technologies, USA) y de acuerdo a los cálculos propuestos por Van Soest et al. (6). La Hemicelulosa se estimó como la diferencia entre los valores de FDN y FDA. La Celulosa se determinó como la diferencia entre la FDA y la LDA mientras que los carbohidratos no estructurales totales (CNE), se determinaron por diferencia con la ecuación $CNE = [100 - (PC + EE + Cen + FDN)]$.



Figura 2. Bovino fistulado para la obtención del fluido ruminal.

La determinación de la digestibilidad verdadera *in vitro* (DIVMS) se realizó mediante incubación de las muestras, durante 48 h a $39.2 \pm 0.5^\circ\text{C}$, con líquido ruminal y saliva artificial, en un incubador DaisyII (Ankom Technology Corp., Macedon, Ny).

En el Cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos de los análisis realizados a los esquilmos de *Cannabis sativa L.* En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que los esquilmos de *Cannabis sativa L.* tienen una composición química adecuada para utilizarse en alimentación de rumiantes. Sin embargo, hacen falta más estudios donde se utilicen estos esquilmos como parte de una dieta.

Cuadro 1. Composición química (g/100 g de MS) y digestibilidad *in vitro* de tres diferentes esquilmos de *Cannabis sativa L.*

| Variable | T1 | T2 | T3 | EEM |
|--------------|-------------|-------------|--------------|------|
| Cen (%) | 11.5±0.25b | 13.5±0.25a | 12.5±0.04ab | 1.33 |
| PC (%) | 21.2±0.25a | 20.9±0.29a | 20.2±0.0.28a | 0.12 |
| EE (%) | 12.3±0.06a | 0.5±0.04b | 7.5±0.0b | 0.08 |
| FDN (%) | 27.9±0.39b | 32.2±0.33a | 28.0±0.86b | 0.58 |
| FDA (%) | 16.5±0.02b | 18.9±0.69a | 15.5±0.19b | 1.47 |
| LDA (%) | 2.2±0.15b | 2.5±0.08a | 2.3±0.006ab | 0.07 |
| HEM (%) | 11.5±0.31b | 13.3±2.23a | 12.4±0.28a | 1.06 |
| CEL (%) | 14.4±0.14a | 16.4±0.36a | 13.1±0.11a | 1.24 |
| CNE (%) | 26.5± 0.16b | 32.7± 0.82a | 31.1± 1.0a | 0.77 |
| FT (mg/g MS) | 15.7±0.10a | 14.8±0.08b | 15.4±0.05b | 0.06 |
| TC (mg/g MS) | 6.7±0.09a | 4.6±0.16c | 5.4±0.05b | 0.09 |
| DIVMS (%) | 23.9±1.11c | 57.9±1.58a | 47.2±2.74b | 1.58 |

*Medias con letras distintas en la misma fila son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$); EEM= error estándar de la media; Cen= cenizas; PC= proteína cruda; EE= extracto etéreo; FDN= fibra detergente neutra; FDA= fibra detergente ácida; LDA= lignina detergente ácida; HEM= hemicelulosa; CEL= celulosa; CNE= carbohidratos no estructurales; DIVMS= digestibilidad verdadera *in vitro* de la materia seca

Referencias

- Al-Masri, M.R. and Zarkawi, M. 1994. Effects of gamma irradiation on chemical composition of some agricultural residues. *Radiation Physics and Chemistry*; 43, 257-260
- Pámanes-Carrasco, G., Herrera-Torres, E., Murillo-Ortiz, M. and Reyes-Jáquez, D. 2019. Climate change mitigation in livestock production: nonconventional feedstuffs and alternative additives. In: Abubakar M, *Livestock health and farming*. London, UK: IntechOpen publishers. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89433>
- ElSohly, M. 2007. *Marijuana and the Cannabinoids*. Londres: Humana Press.
- Restrepo, A., Rodríguez, E. y Manjarrés, K. 2011. Cortezas de naranja comestibles: una aproximación al desarrollo de productos con valor agregado a partir de residuos agroindustriales. *Revista Producción + Limpia*, 6(2):47-57
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). *Official Methods of Analysis*. 2019, (21).
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*; 74(10): 3583-3597.

DESULFURACIÓN O ELIMINACIÓN DE SULFURO DE HIDRÓGENO EN EL BIOGÁS

Ana María Bailón Salas³, Mónica Yazmin Flores Villegas¹, Aura Virginia Ontiveros Valencia, Marla Fernanda Hernández Ávalos y Luis Alberto Ordaz Díaz¹

¹ Universidad Politécnica de Durango,

² Centro de Investigación en Materiales Avanzados, CIMAV

³ Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad Juárez del Estado de Durango.

luis.ordaz@unipolidgo.edu.mx

Las actividades humanas tanto urbanas como rurales producen cantidades enormes de desechos orgánicos (mezclas vegetales y animales). La innovación de nueva tecnología ha permitido recuperar una fracción valiosa de energía (biogás) producida al descomponerse de manera natural la materia orgánica, lo que le ha dado un valor agregado a estos desechos. El mundo actual enfrenta una crisis energética, siendo uno de los factores que contribuye a ello el uso irracional de los combustibles convencionales, por lo cual se han buscado diversas fuentes alternas de obtención de biocombustibles como lo es el biogás (Ortega et al; 2015).

El biogás es una fuente no convencional de energía y su tecnología es de fácil implementación. Éste se puede obtener a partir de la descomposición de la materia orgánica proveniente de fuentes industriales, municipales y agrícolas, realizada por la acción bacteriana en condiciones anaerobias (Makaruk, et al; 2010). Está compuesto principalmente por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) además tienen otros compuestos como pueden ser el hidrógeno, compuestos orgánicos volátiles, o sulfuro de Hidrógeno (H_2S) o también conocido como ácido sulfhídrico (olor a huevo podrido). El H_2S es un compuesto tóxico y corrosivo, que causa un rápido deterioro de equipos y que en su combustión genera óxidos de azufre, de alta toxicidad para los seres humanos, así como para el medio ambiente. (Varnero et al; 2012).

El poder calorífico del biogás es aproximadamente 21.5 MJ/m^3 (Hesan y Abdul, 2014), que puede ser mejorado aumentando el contenido en metano, proceso conocido como “upgrading” y eliminando el H_2S . Además, el biogás puede ser empleado como biocombustible vehicular, industrial o residencial, ya sea para generar electricidad de autoconsumo en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), para calentar un biodigestor de lodos con el fin de elevar la eficiencia del proceso de digestión anaeróbica o para secar y reducir el volumen de los lodos digeridos antes de su disposición final, por mencionar algunas aplicaciones. Las concentraciones de H_2S que puede encontrarse en el biogás son muy variables, entre 500 y 20,000 ppmv, dependiendo del contenido en azufre de la materia orgánica biodegradada. En una PTAR la concentración máxima de H_2S en el biogás suele ser de 10,000 ppmv (Ramírez y col., 2015), con valores promedio de 3,000 a 5,000 ppmv.

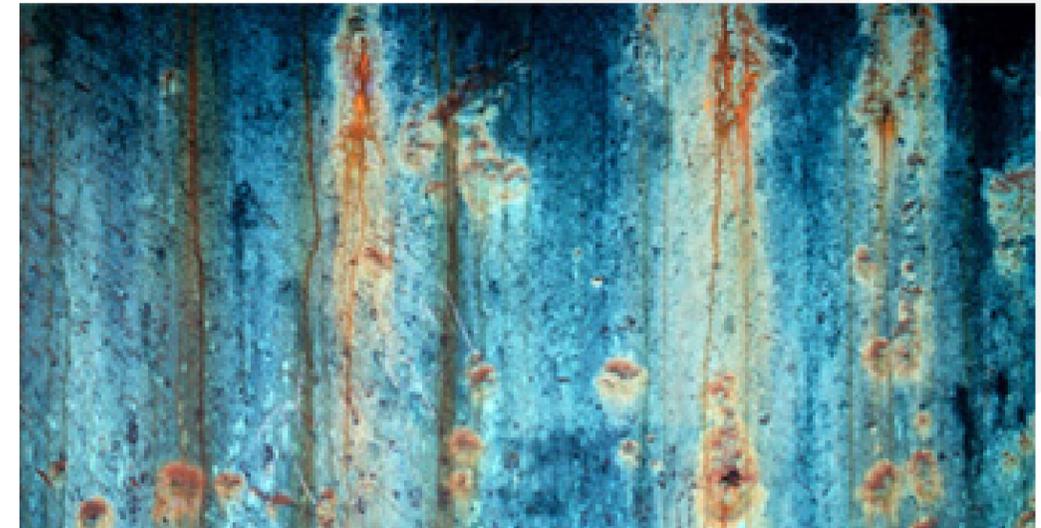


Figura 1. Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)

El H_2S (Figura 1) pues al ser altamente corrosivo, limita su uso, dificulta el traslado del gas por tuberías y su almacenamiento en tanques u otras estructuras metálicas. Este producto es extremadamente tóxico y causante de gran cantidad de muertes, no sólo en áreas de trabajo, sino también en áreas de acumulación natural como cisternas o drenajes. Actúa directamente sobre el sistema nervioso central, provocando parálisis de centros respiratorios, debido a que se une a la metahemoglobina de una forma similar a los cianuros. Reacciona con algunas enzimas a través del torrente sanguíneo provocando inhibición de la respiración celular, parálisis pulmonar y la muerte (sulfuro de Hidrógeno, 2015).

La desulfurización o desulfuración del biogás, consiste en extraer el sulfuro de Hidrógeno contenido en el gas. Este proceso es imprescindible para evitar problemas de corrosión en equipos y motogeneradores, además de cumplir con las normativas de emisión medioambientales (reducción de emisiones de SO_2 al quemar el biogás). Existen tratamientos físico-químicos efectivos para la eliminación del H_2S , pero en general, tienen un alto costo de inversión y de mantenimiento, así como un impacto negativo sobre el medio ambiente (Figura 2). Entre los cuales están: la absorción de sulfuro de hidrógeno a partir de compuestos de hierro. Las limallas de hierro se colocan en columnas rellenas con otros materiales como el aserrín y se humedecen con agua de manera discontinua. El proceso opera a diferentes presiones y ha permitido remover eficientemente el H_2S (Viquez 2010). Por otro lado, varios autores consideran que el proceso de absorción con aminas es de los más eficientes, los costos de operación son bajos, se puede lograr la regeneración de la amina y tienen muy bajas pérdidas de metano. Sin embargo, tiene como desventajas que es necesario suministrar calor para la regeneración, se pueden presentar problemas de corrosión, existen precipitados de sales, posibles formaciones de espumas, descomposición y envenenamiento de aminas por la presencia de dióxido de azufre y otras sustancias químicas (Rodríguez 2009). Otros compuestos que se utilizan para la remoción del H_2S son el Townsend, donde se emplea etilenglicol con dióxido de azufre y el Purox, donde se aplica una solución de amonio de hidroquinona. También se ha propuesto el método denominado fregado o limpieza húmeda, donde se emplea agua como absorbente. En él se pone en contacto el agua que fluye a contracorriente, con el biogás a purificar en torres o columnas (rellenas o no), donde se efectúa la transferencia de masa de CO_2 y H_2S (Varnero et al. 2012).



Figura 2. Desulfuración de Biogás

Existen tres alternativas biotecnológicas muy importantes para el tratamiento del H_2S , los biofiltros, los biofiltros percoladores y los biolavadores (Kennes y Thalasso, 1998). Los biofiltros percoladores presentan unas ventajas interesantes con respecto a los biofiltros de lecho orgánicos, que son: la posibilidad de retirada de los productos de la oxidación, presentan un costo similar al de los absorbentes químicos con una reducción importante de los costos de operación, entre un 88 y un 92%, también ofrecen un mejor control de las variables de operación (Delhomenie y Heitz, 2005).

La biofiltración, los biolavadores y los biofiltros percoladores son aplicables no sólo para la remoción de H_2S , sino también para mezclas de gases con compuestos inorgánicos y orgánicos volátiles. En este sentido, es claro que para este tipo de procesos es posible utilizar varios tipos de microorganismos a la vez; sin embargo, al ver en un alcance más amplio estos aspectos, los requerimientos de los microorganismos determinarán en definitiva el diseño y el tipo de procesos a utilizar, etc.

La microaireación de biodigestores anaeróbicos se realiza por medio de inyección de aire en condiciones controladas.

Se trata de un método barato y eficiente para reducir concentraciones de H_2S en el biogás, por lo que es muy popular en plantas agrícolas que lo usan como recurso energético. Esa técnica se basa en la oxidación biológica aerobia de H_2S a S_0 y SO_{42-} , en función de la temperatura y del pH.

Se pueden destacar como ventajas que los procesos biológicos transforman los contaminantes en sustancias no peligrosas sin acumulación de subproductos o desechos de difícil manejo, tienen costos de operación bajos y poseen un balance energético adecuado (Revah y Noyola, 1996). Con el propósito de lograr un mayor aprovechamiento del biogás, es necesario que el mismo sea sometido a un tratamiento previo antes de ser empleado con fines energéticos, ya que requiere de su purificación, la que estará en función del método de desulfuración seleccionado según sus ventajas y desventajas.

Referencias

1. Hesan S, Abdul M, (2014). Development of biogas combustion in combined heat and power generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 40: pag 868–875.
2. Hoja de seguridad XIX. Sulfuro de hidrógeno, 2012. Disponible en: <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/19sulfuroh.pdf>. Visitado el 24 de junio de 2021.
3. Makaruk, A., Miltner, M. and Harasek, M., Membrane biogas upgrading processes for the production of natural gas substitute. *Separation and Purification Technology*, 74, p. 83-92 (2010).
4. Morgan Sagastume, J.M., Revah Moiseev, S., Noyola Robles, A. (2001). Algunas tecnologías importantes para el tratamiento de H_2S por vía fisicoquímica y microbiológica. Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos. 9–12, Septiembre Diciembre, pp. 207-215.
5. Ortega Viera, Lianys, Rodríguez Muñoz, Susana, Fernández Santana, Elina, & Bárcenas Pérez, Liuver. (2015). Principales métodos para la desulfuración del biogás. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 36(1), 45-56.
6. Ramírez M, Gómez JM, Cantero D (2015). Biogas: Sources, Purification and Uses. in: *Hydrogen and Other Technologies*, (Eds.) U.C. Sharma, S. Kumar, R. Prasad, Vol. 11, Studium Press LLC. USA: pag 296-323.
7. Rodríguez S. (2009). “Alternativas de desulfuración de efluentes gaseosos basadas en métodos biotecnológicos”, Tesis de doctorado, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (Cujae), Habana.
8. Varnero M., Carú M., Galleguillos K. y Achondo P. (2012). “Tecnologías disponibles para la purificación de biogás usado en la generación eléctrica”, *Información Tecnológica*, vol.23, no.2, pp. 31 – 40, Santiago de Chile, Chile.
9. Víquez, J. (2010). “Remoción del sulfuro de hidrógeno en el biogás”, *ECAG Informa*, vol. 53, no.1, pp. 16 – 21, San José, Costa Rica.

Suplementos a base de Cúrcuma (*Curcuma longa L.*) para tratar trastornos metabólicos asociados a la obesidad

Vera Rosales EG¹, Barragan Zuñiga LJ¹, Salas Pacheco JM², Simental Mendía LEV¹, Gamboa Gómez CI¹

¹Unidad de Investigación Biomédica, Delegación Durango, Instituto Mexicano del Seguro Social, (C.I.G.G.)

²Instituto de Investigación Científica, Universidad Juárez del Estado de Durango, México.

cgam.gom@gmail.com

LOS suplementos alimenticios a base de productos naturales como son plantas, frutos, hojas y extractos solos o combinados son muy usados en la cultura mexicana para tratar diferentes alteraciones como el sobrepeso y la obesidad. La obesidad es una enfermedad, es un factor de riesgo para el desarrollo de otras enfermedades crónicas no transmisibles como la diabetes mellitus tipo 2 (DM 2).

La obesidad se considera un estado de inflamación crónica y se caracteriza por un aumento en el tejido adiposo, lo que promueve el fenómeno conocido como resistencia a la insulina. Además, el incremento del tamaño y número de adipocitos (células del tejido adiposo) conlleva al aumento y liberación de moléculas que promueven inflamación generalizada, llamadas citocinas pro-inflamatorias.

Algunas de estas moléculas que se ven aumentadas como consecuencia a obesidad son el Factor de Necrosis Tumoral alfa (TNF- α) y las interleucinas 1 y 6 (IL-1 y IL-6). Por otro lado, la obesidad promueve la disminución de adiponectina (citocina antiinflamatoria) lo que incrementa aún más el estado inflamatorio en esta condición.

Actualmente, en el mercado de nutraceuticos, existen diferentes suplementos que contienen compuestos bioactivos con una o varias funciones en el organismo, y en algunos casos, su eficacia es comprobada científicamente, tal es el caso de la cúrcuma. La cúrcuma demostró de manera *in vitro* que tiene un efecto antiinflamatorio, inhibiendo la producción de TNF- α e IL-1.

Suplementos a base de cúrcuma

La cúrcuma (*Curcuma longa L.*) es un rizoma que se cultiva principalmente en la India. Tradicionalmente se dice que la cúrcuma tiene propiedades medicinales, destacando su efecto antiinflamatorio e hipocolesterolemico. Los efectos benéficos reportados para la cúrcuma son atribuidos a los compuestos bioactivos llamados curcuminoide, los cuales están presentes del 3 al 5%, siendo el constituyente principal la curcumina (77%), demetoxicurcumina (17%) y bisdemetoxicurcumina (5%). Estos compuestos demostraron tanto por separado como en conjunto tener un efecto positivo en la salud del individuo. Aunado a lo anterior, la cúrcuma contiene aproximadamente 70% de carbohidratos, 6% de proteína, 6% de aceites esenciales y 5% de grasa (1).

Estudios científicos previos demostraron que la curcumina puede suprimir la actividad de algunas moléculas de señalización (como factores de transcripción) y de esta manera modular el proceso de inflamación y liberación de citocinas para controlar trastornos asociados como la obesidad y sus complicaciones.

Por otro lado, estudios *in vitro* y en animales avalan las propiedades antioxidantes, antiinflamatorias e hipoglucémicas de la cúrcuma y sus curcuminoides; sin embargo, su baja biodisponibilidad continúa siendo un problema, ya que presenta una mala absorción y una rápida eliminación. Un estudio informó que cuando se administraba 1 g/kg de curcumina por vía oral a ratas, el 75 % se excretaba en las heces (2). Con el objetivo de incrementar la disponibilidad y absorción de la cúrcuma se probó la adición de diferentes compuestos que optimicen su potencial de acción, tal es el caso de la piperina (compuesto activo de la pimienta negra).

Se demostró que, al combinar la cúrcuma con la piperina, la biodisponibilidad de la cúrcuma aumenta, mejorando las concentraciones de lípidos séricos en pacientes con síndrome metabólico. Además, en un ensayo clínico se demostró que la combinación de piperina con cúrcuma mejora los niveles de lípidos, como triglicéridos, colesterol total y lipoproteínas de baja densidad (LDL). Asimismo, incremento los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL) (3). Otro estudio realizado en nuestro país por Guerrero Romero y col. (2021), en el cual se evaluaron cinco suplementos comerciales a base de cúrcuma y pimienta negra, se evidenció el potencial antioxidante e hipoglucemiante de esta combinación (4).

La desventaja de estos suplementos es que son muy costosos y de difícil acceso para la población, ya que la mayoría de los productos con eficacia demostrada son difíciles de encontrar en tiendas nacionales, y es posible encontrar únicamente productos a base de plantas que no tienen ningún respaldo científico.

Actualmente en México, diferentes grupos de investigación buscan crear evidencia científica para nuevos suplementos a base de cúrcuma con alternativas que aumentan la biodisponibilidad de los principales compuestos, utilizando especias endémicas de nuestro país. Una de estas opciones, es la pimienta gorda (*P. dioica*). Esta especia es una variante de la pimienta negra, y es endémica en nuestro país, por lo cual es de fácil acceso a la población. Tradicionalmente, la pimienta gorda es utilizada para tratar los resfriados, dismenorrea, dispepsia, indigestión, el sobrepeso y la obesidad e incluso la diabetes.

Existen además reportes científicos para el uso de la pimienta gorda sobre efectos antiinflamatorio, antioxidante e hipoglucemiante debido a sus principales compuestos activos (eugenol, quercetina, ácido gálico y ericifolia).

Actualmente el mismo grupo que estudio previamente los cinco suplementos comerciales de cúrcuma y que es liderado por el Dr. Guerrero-Romero del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) continúan trabajando en identificar el potencial de acción de un suplemento a base de cúrcuma combinada con pimienta gorda, esto permitiría ampliar las opciones en el tratamiento contra el sobrepeso, la obesidad y los trastornos metabólicos asociados a ella.

Dado que México sigue manteniendo sus costumbres, donde es común el uso de medicina tradicional a base de plantas para tratar diferentes problemas de salud y condiciones metabólicas, la obtención de resultados a base de cúrcuma podría ser una opción para generar terapias nutraceuticas con aval científico para coadyuvar en los tratamientos establecidos.

Referencias

1. Kotha, R., y Luthria, D. Curcumin: Biological, Pharmaceutical, Nutraceutical, and Analytical Aspects. *Molecules* 2019, 24(16), 2930.
2. Wahlström B., y Blennow G. A study on the fate of curcumin in the rat. *Acta pharmacol. et toxicol* 1978, 43: 86-92.
3. Yunes P., Nahid K., Mahboobeh S., Mohammad A., y Amirhossein S. Lipid-modifying effects of adjunctive therapy with curcuminoids—piperine combination in patients with metabolic syndrome: Results of a randomized controlled trial. *Complementary therapies in Medicina* 2014, 22, 851-857.
4. Guerrero-Romero, F., Simental-Mendía, L., Martínez-Aguilar, G., Sánchez-Meraz, M., y Gamboa-Gómez, C. Hypoglycemic and antioxidant effects of five commercial turmeric (*Curcuma longa*) supplements. *Journal of Food Biochemistry* 2020, 1-9.

DÍA INTERNACIONAL DE LA MUJER Y LA NIÑA EN LA CIENCIA

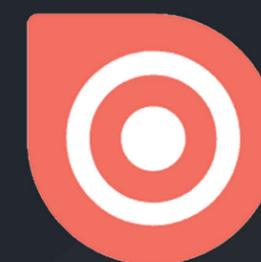
11
DE FEBRERO



Sapiens+

Ciencia, Tecnología e Innovación

Accede a todo nuestro contenido y números anteriores en nuestro sitio de issuu



issuu



2022 **DURANGO** 2028
GOBIERNO DEL ESTADO

COCYTED
CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEL ESTADO DE DURANGO

Sapiens+
Ciencia, Tecnología e Innovación

COCyTED

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango
Blvd. Guadiana No. 123 Fracc. Los Remedios
C.P. 34100 Durango, Dgo.
Tels. 618 812 9238, 618 813 3528,
618 813 9302 y 618 688 5447