

Alda Rocío Ortiz Muñiz
(Organizadora)



ESTUDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SUAS TECNOLOGIAS

VOL I



EDITORA
ARTEMIS
2026

Alda Rocío Ortiz Muñiz
(Organizadora)



ESTUDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SUAS TECNOLOGIAS

VOL I

 EDITORA
ARTEMIS
2026



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores.

Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, **conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.**

Editora Chefe	Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizadora	Prof. ^a Dr. ^a Alda Rocío Ortiz Muñiz
Imagem da Capa	mikkiorso/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Dr. Cristo Ernesto Yáñez León – New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ, Estados Unidos



Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Deuzimar Costa Serra, *Universidade Estadual do Maranhão*, Brasil
Prof.ª Dr.ª Dina Maria Martins Ferreira, *Universidade Estadual do Ceará*, Brasil
Prof.ª Dr.ª Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México
Prof.ª Dr.ª Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, *Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro*, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, *Universidade de São Paulo (USP)*, Brasil
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, *Universidade Federal de Roraima*, Brasil
Prof.ª Dr.ª Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México
Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca*, Espanha
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República*, Uruguay
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara*, México
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal*, Canadá
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, *Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)*, Portugal
Prof.ª Dr.ª Galina Gumovskaya – *Higher School of Economics*, Moscow, Russia
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, *Universidade Federal do Triângulo Mineiro*, Brasil
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, *Instituto Politécnico da Guarda*, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara*, México
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg*, Suécia
Prof.ª Dr.ª Lara Lúcia Tescarollo Dias, *Universidade São Francisco*, Brasil
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof. Dr. Ivan Amaro, *Universidade do Estado do Rio de Janeiro*, Brasil
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, *Universidade Federal do Amazonas*, Brasil
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College*, Estados Unidos
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, *Universidade de Évora*, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, *UNIFIMES - Centro Universitário de Mineiros*, Brasil
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México
Prof. Dr. José Cortez Godinez, *Universidad Autónoma de Baja California*, México
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, *Instituto Politécnico Nacional*, México
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, México
Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México



Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Leiníg Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha
Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof.ª Dr.ª MªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara*, México
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, Universidad del Pais Vasco, Espanha
Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru
Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia
Prof.ª Dr.ª Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha

Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal

Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal

Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil

Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León*, Espanha

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

E89 Estudos em ciências biológicas e suas tecnologias [livro eletrônico] / Organizadora Alda Rocío Ortiz Muñiz. – 1. ed. – Curitiba, PR: Editora Artemis, 2026.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Edição bilingue

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-82858-09-3

DOI 10.37572/EdArt_300626093

1. Ciências biológicas. 2. Biotecnologia. 3. Biodiversidade.
4. Sustentabilidade ambiental. I. Ortiz Muñiz, Alda Rocío.

CDD 570

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PRÓLOGO

Las ciencias biológicas ocupan un lugar esencial en la comprensión de los fenómenos de la vida, desde los procesos moleculares, celulares y genéticos que sustentan el funcionamiento de los organismos, hasta la dinámica de los ecosistemas y las relaciones que estos establecen con su ambiente, así como de las posibilidades tecnológicas que emergen de la investigación científica aplicada. En un mundo marcado por crisis ambientales, demandas de sostenibilidad, avances biotecnológicos y desafíos relacionados con la salud humana y ecosistémica, resulta cada vez más necesario articular conocimiento científico, innovación, responsabilidad social y compromiso con la preservación de la vida en sus múltiples formas.

Este primer volumen de *Estudos em Ciências Biológicas e suas Tecnologias* reúne un conjunto de trabajos que expresa la diversidad y la relevancia contemporánea de este campo. Las investigaciones aquí presentadas transitan por temas como biomarcadores de daño genético, formación en contextos biomédicos, productos naturales, compuestos bioactivos, actividad antioxidante, alternativas ecológicas para la higiene doméstica, crisis hídrica, sostenibilidad, biodiversidad, ecosistemas costeros, manglares, microplásticos y contaminación lumínica. Se trata, por tanto, de una obra que evidencia la amplitud de las ciencias biológicas y su capacidad de dialogar con problemas científicos, ambientales, tecnológicos, educativos y sociales.

La organización de este volumen fue pensada a partir de una estructura breve y articulada, distribuida en tres ejes temáticos. Esta propuesta busca valorar la especificidad de cada trabajo sin fragmentar excesivamente la lectura, considerando que los capítulos reunidos comparten una preocupación común: comprender, preservar, transformar y aplicar el conocimiento biológico frente a los desafíos del presente.

El primer eje, dedicado a la salud, los biomarcadores y los procesos formativos, abre el volumen con una reflexión sobre dos dimensiones complementarias de las ciencias biológicas aplicadas al ámbito de la salud: por una parte, el desarrollo y utilización de herramientas para el estudio del daño celular y genético, y por otra, los procesos educativos que intervienen en la formación de los profesionales de la salud. Los estudios reunidos en esta sección permiten reflexionar sobre la importancia de las herramientas de análisis biológico para la identificación de daños celulares y genéticos, así como sobre los procesos formativos que atraviesan áreas vinculadas a la salud. Al articular investigación biomédica, toxicología, nutrición, ambiente y formación profesional, este bloque evidencia que las ciencias biológicas no se restringen al estudio aislado de los seres vivos, sino que también contribuyen a la comprensión de condiciones que afectan la salud, la prevención de riesgos y la calidad de los procesos educativos en campos biomédicos.

El segundo eje reúne investigaciones relacionadas con los productos naturales y los compuestos bioactivos. En este conjunto se observa el potencial de las ciencias biológicas y de sus tecnologías para el aprovechamiento sostenible de recursos naturales y el desarrollo de procesos y productos con aplicación ambiental, alimentaria y doméstica. Los trabajos exploran temas como la extracción de compuestos fenólicos, la capacidad antioxidante, la capsaicina, los hidrolatos, los aceites esenciales y las formulaciones sostenibles. Esta sección destaca la relevancia de la innovación científica orientada por principios de sostenibilidad, aprovechamiento responsable de los recursos naturales y reducción de impactos ambientales.

Al abordar recursos vegetales y materias primas naturales, los capítulos de este eje demuestran que la tecnología puede ponerse al servicio de soluciones más responsables, eficientes y coherentes con las necesidades actuales. La búsqueda de procesos menos agresivos para el ambiente, de alternativas biodegradables y de productos con potencial funcional o antimicrobiano revela una dimensión aplicada de las ciencias biológicas, en la cual el conocimiento sobre organismos, moléculas y metabolitos naturales se transforma en estrategias concretas de innovación.

El tercer eje se orienta al ambiente, la biodiversidad y la sostenibilidad socioecológica. Los trabajos reunidos en esta sección abordan problemáticas ambientales de gran relevancia, como la contaminación lumínica, la crisis agrícola provocada por sequías, la presencia de microplásticos en playas, la biodiversidad de peces en manglares y la necesidad de soluciones sostenibles frente a la presión sobre los recursos naturales. Estos temas revelan la urgencia de comprender los ecosistemas de manera integrada, reconociendo sus dimensiones biológicas, sociales, económicas y culturales.

La presencia de estudios sobre ambientes costeros, manglares, recursos hídricos y contaminación evidencia la importancia del monitoreo ambiental y de la producción de datos científicos para orientar políticas públicas, prácticas comunitarias y estrategias de conservación. Al mismo tiempo, la discusión sobre soluciones sostenibles, como sistemas hidropónicos de bajo costo e iniciativas de gestión ambiental, apunta a la necesidad de integrar ciencia, educación, tecnología y participación social en la construcción de respuestas frente a los desafíos ecológicos contemporáneos.

En conjunto, los capítulos de este primer volumen muestran que las ciencias biológicas y sus tecnologías son fundamentales para comprender las relaciones entre vida, ambiente y sociedad. Las investigaciones aquí reunidas revelan que los fenómenos biológicos no pueden pensarse de forma aislada, pues están profundamente conectados con las formas de producción, consumo, cuidado, educación, innovación y gestión de los recursos naturales. Esta perspectiva integradora resulta especialmente importante en un

contexto en el que los problemas ambientales y sanitarios exigen respuestas científicas sólidas, interdisciplinarias y socialmente comprometidas.

Así, ***Estudos em Ciências Biológicas e suas Tecnologias*** propone una lectura que parte de la salud y los biomarcadores, avanza hacia los productos naturales y las aplicaciones biotecnológicas de los recursos biológicos, y culmina en las discusiones ambientales y socioecológicas. Esta trayectoria permite reconocer la vitalidad del campo biológico, tanto en su dimensión experimental y aplicada como en su capacidad de contribuir a prácticas más sostenibles, inclusivas y responsables.

Esperamos que este primer volumen contribuya al diálogo entre investigadores, docentes, estudiantes y profesionales interesados en las ciencias biológicas y en sus interfaces tecnológicas. Que los estudios aquí reunidos inspiren nuevas investigaciones, fortalezcan prácticas científicas comprometidas con la vida y amplíen los horizontes de actuación de las ciencias biológicas frente a los desafíos ambientales, sociales y tecnológicos de nuestro tiempo.

Dra. Alda Rocío Ortiz Muñiz

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa

México

SUMARIO

SALUD, BIOMARCADORES Y FORMACIÓN EN CONTEXTOS BIOMÉDICOS

CAPÍTULO 1..... 1

MICRONÚCLEOS: DE LA CINÉTICA DE FORMACIÓN A SUS APLICACIONES EN NUTRICIÓN Y AMBIENTE

Rocío Ortiz Muñiz

Elsa Cervantes Ríos

Pedro Morales Ramírez

Virginia Cruz Vallejo

Juana Sánchez-Alarcón

Rafael Valencia-Quintana

Edith Cortés Barberena

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260931

CAPÍTULO 2..... 21

EL CURRÍCULUM OCULTO Y SUS EFECTOS EN LAS ESCUELAS DE ODONTOLOGÍA

Elsa Gabriela Chávez-Guajardo

Gloria Martha Álvarez Morales

Joana Etzel Rodríguez Raudales

Claudia H. Maldonado-Tapia

Carla Sofía Padilla-Arellano

Nelly Alejandra Rodríguez Guajardo

Jesús Rivas Gutiérrez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260932

BIOTECNOLOGÍA, PRODUCTOS NATURALES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS

CAPÍTULO 3..... 36

EFFECTO DEL SOLVENTE EN LA EXTRACCIÓN POR ULTRASONIDO DE FENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL APIO (*Apium graveolens*)

Gisela Palma-Orozco

Lorena Marian Calles-Soriano

Cybelles Darian García-Mancera

Carlos Orozco-Álvarez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260933

CAPÍTULO 4..... 49

CAPSAICIN CONTENT AND ANTIOXIDANT CAPACITY IN DIFFERENT MATURITY STATES OF HABANERO PEPPER (*Capsicum chinense* Jacq.)

Gisela Palma-Orozco
América Belém Ugalde-Herrera
Víctor Ouseiri Díaz-Castañón
Carlos Orozco-Álvarez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260934

CAPÍTULO 5..... 58

HIDROLATO DE LIMONARIA (*Cymbopogon citratus*) COMO DESINFECTANTE ARTESANAL SOSTENIBLE, UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA LA HIGIENE DOMÉSTICA

Juan Carlos Llanes Carvajal
Miller Sánchez Balaguera
Andrea Catalina Escalante Rico

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260935

AMBIENTE, BIODIVERSIDAD Y SOSTENIBILIDAD SOCIOECOLÓGICA

CAPÍTULO 6..... 68

“PUERTO RICO BRILLA NATURALMENTE” REDUCE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA: IMPACTOS SOCIOECOLÓGICOS, MARCO REGULATORIO Y ESTRATEGIAS DE GESTIÓN COMUNITARIA

Elizabeth Padilla-Rodríguez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260936

CAPÍTULO 7.....82

HIDRONOMÍA: DIAGNÓSTICO DE LA CRISIS AGRÍCOLA POR SEQUÍA EN TAMAULIPAS (2023-2025) Y FUNDAMENTOS DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO CON PERTINENCIA CULTURAL EN ESCUELAS DE EDUCACIÓN BÁSICA COMO SOLUCIÓN PROPUESTA

Lucio Alberto San Pedro Acevedo
Hilario Rafael Martínez Flores
Nora Armenia Torres Mariño
Valeria Isabel Vargas Olvera
Emanuel León Estrada

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260937

CAPÍTULO 8..... 98

ABUNDÂNCIA DE PEIXES TELEÓSTEOS EM UM MANGUEZAL DA RAPOSA, ILHA DE SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL

Maria do Socorro Saraiva Pinheiro

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260938

CAPÍTULO 9..... 114

PRESENCIA Y CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN PLAYAS DE LA ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR

Osmel Alberto Sánchez Granados

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260939

SOBRE A ORGANIZADORA..... 130

ÍNDICE REMISSIVO 131

CAPÍTULO 3

EFFECTO DEL SOLVENTE EN LA EXTRACCIÓN POR ULTRASONIDO DE FENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL APIO (*Apium graveolens*)

Data de submissão: 22/04/2026

Data de aceite: 06/05/2026

Gisela Palma-Orozco¹

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología
Departamento de Bioingeniería
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México
<https://orcid.org/0000-0003-2527-4131>

Lorena Marian Calles-Soriano

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología
Departamento de Bioingeniería
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México

Cybelle Darian García-Mancera

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología
Departamento de Bioingeniería
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México

Carlos Orozco-Álvarez

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología
Departamento de Bioingeniería
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México
<https://orcid.org/0000-0002-5145-6791>

¹ Corresponding author

RESUMEN: El apio presenta un aporte de antioxidantes debido al contenido de vitamina C, carotenos, polifenoles y clorofila. Existen diferentes procesos de extracción para los compuestos bioactivos, la extracción por ultrasonido es un método eficaz que se usa como tecnología emergente. El objetivo fue evaluar la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales por el método convencional (maceración) y el ultrasonido, usando como solvente agua (0%) y etanol a concentraciones de 30, 50 y 80%, (25 °C y 50 °C), a diferentes tiempos. En los resultados se observó que el mejor método de extracción para fenoles totales fue con el ultrasonido a las condiciones de 80% (50 °C, 60 min) y la capacidad antioxidante al 50% (25°C, 60 min), con respecto a la maceración. El ultrasonido permite elevar la tasa de extracción y rendimiento mediante la combinación óptima de variables y disminuye el uso de solventes comparado con otros métodos.

PALABRAS CLAVE: apio; fenoles totales; capacidad antioxidante; maceración; ultrasonido.

EFFECT OF SOLVENT ON THE ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION OF PHENOLS AND ANTIOXIDANT CAPACITY FROM CELERY (*Apium graveolens*)

ABSTRACT: Celery has a contribution of antioxidants due to the content of vitamin C, carotenoids, polyphenols and chlorophyll.

There are different extraction processes for bioactive compounds, ultrasound extraction is an effective method used as an emerging technology. The objective was to evaluate the antioxidant capacity and the total phenols content by the conventional method (maceration) and ultrasound, using as a solvent water (0%) and ethanol at concentrations of 30, 50 and 80%, (25 °C and 50 °C), at different times. In the results, it was observed that the best extraction method for total phenols was with ultrasound at the conditions of 80% (50 °C, 60 min) and the antioxidant capacity at 50% (25°C, 60 min), with respect to maceration. Ultrasound allows to increase the extraction rate and yield through the optimal combination of variables and reduces the use of solvents compared to other methods.

KEYWORDS: celery; total phenols; antioxidant capacity; maceration; ultrasound.

1. INTRODUCCIÓN

El apio (*Apium graveolens*) es una planta dicotiledónea que pertenece a la familia *Apiaceae*, su lugar de origen es en el Mediterráneo, pero actualmente se cosecha en muchas partes del mundo.¹ A pesar de que el consumo se centra principalmente en el tallo, las hojas son ricas en compuestos bioactivos y tienen usos medicinales, además se utilizan como alimento en la dieta mediterránea por tener capacidad antioxidante (carotenoides, antocianinas, clorofila) y contenido de polifenoles totales (ácidos fenólicos, flavonoides, isoflavonas, taninos), también tienen propiedades nutracéuticas, hipolipidémicas, hipoglucémicas e incluso tiene efectos como antiagregantes plaquetarios.^{2,3} El apio cuenta con vitaminas importantes para el organismo como la A, C, E y las del grupo B, también tiene minerales como el hierro, fósforo, azufre, cobre, potasio y manganeso; las semillas contienen aceites esenciales como el limoneno o el selineno, mientras que en la raíz se encuentra la asparagina, sustancias que ejercen una acción diurética y depurativa. En cuanto al uso del apio como producto industrial son varios los productos que se obtienen mundialmente, tales como el apio deshidratado por aire caliente o por liofilización, que se utilizan en sopas, rellenos, ensaladas, jugos, etc.⁴ Debido al alto contenido de compuestos bioactivos se han aplicado diferentes métodos de extracción para ser cuantificados; algunos de los métodos empleados son los convencionales como la maceración y por Soxhlet; sin embargo, hoy en día se han implementado nuevas metodologías de extracción que cumplen con los principios de la tecnología verde como son la extracción por microondas, por ultrasonido, por pulsos eléctricos y con fluidos supercríticos; por lo que en esta investigación se utilizó la extracción por ultrasonido. La extracción asistida por ultrasonido es una de las técnicas conocida como tecnología emergente para aislar los compuestos bioactivos, la cual logra una extracción completa y, por lo tanto, se obtienen rendimientos de extracción superiores en un tiempo muy corto; se basa en el principio del funcionamiento de la cavitación acústica o ultrasónica, que es cuando se acoplan ondas

de ultrasonido de alta potencia y baja frecuencia en una mezcla de material botánico en un disolvente.⁵ Al ser un método de extracción eficiente se ha utilizado como una alternativa en el procesamiento de alimentos como emulsificación, modificación de propiedades funcionales de diferentes proteínas, inactivación o aceleración de la actividad enzimática, para mejorar la vida de anaquel, la calidad de los alimentos, inactivación microbiana, procesos de congelación, descongelación, secado, y concentración de compuestos bioactivos.^{6,7} El objetivo del trabajo fue evaluar la concentración de fenoles totales del apio y la capacidad antioxidante mediante el método convencional y por ondas ultrasónicas a diferentes tiempos y temperaturas, variando la concentración de etanol, así como obtener las condiciones óptimas de extracción.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

El apio fresco se adquirió en un mercado local de la Ciudad de México, solo las hojas fueron estudiadas. Todos los reactivos fueron adquiridos de Sigma-Aldrich.

2.2. OBTENCIÓN DE LOS EXTRACTOS POR EL MÉTODO CONVENCIONAL (MACERACIÓN) A 25 Y 50 °C

Las hojas del apio frescas y verdes se seleccionaron, posteriormente en un mortero se colocaron 2 g y se le adicionó 15 mL de disolvente de extracción: agua destilada considerándola como 0%, etanol-agua destilada a diferentes concentraciones 30, 50 y 80%; en seguida se maceró por 10 minutos. Trascorrido ese tiempo las muestras se centrifugaron a 7200 rpm por 10 min, el sobrenadante obtenido se utilizó como el extracto para la cuantificación fenoles totales y capacidad antioxidante.

2.3. OBTENCIÓN DE LOS EXTRACTOS POR SONICACIÓN A 25 °C Y 50 °C

Las hojas del apio se seleccionaron, se colocaron 2 g en un vaso de precipitados donde se les adicionó 15 mL del disolvente de extracción: agua destilada considerándola como 0%, etanol-agua destilada a diferentes concentraciones 30, 50 y 80%. Posteriormente, las muestras se sometieron a un baño sonicador (Scientz SB-120DTN, 40 KHz) a distintos tiempos 0, 15, 30, 45 y 60 minutos, a diferentes temperaturas 25 °C y 50 °C. Trascorrido ese tiempo las muestras se sacaron del sonicador y se centrifugaron a 7200 rpm (centrífuga Kitlab–TC meteor 7.2K) por 10 min, el sobrenadante obtenido se utilizó como el extracto para la cuantificación de fenoles totales y capacidad antioxidante.

2.4. CUANTIFICACIÓN DE FENOLES TOTALES POR LA TÉCNICA DE FOLIN-CIOCALTEU⁸

De los extractos obtenidos se tomaron 200 μL y se les adicionó 1500 μL del reactivo Folin-Ciocalteu seguido de 1500 μL de bicarbonato de sodio al 6%, posteriormente se dejaron reposar en un lugar completamente oscuro por 90 min, transcurrido el tiempo las muestras se leyeron en un espectrofotómetro (UNICO-2800 UV/VIS Spectrophotometer) a una absorbancia de 750 nm. Los resultados obtenidos se expresaron en miligramos equivalentes de ácido gálico (mg EAG)/g de muestra seca (g_{ms}).

2.5. CUANTIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR LA TÉCNICA DEL REACTIVO ABTS⁹

De los extractos obtenidos se tomaron 200 μL y se les adicionó 1800 μL del radical ABTS⁺ (2,2 azinobis-3-etilbenzotiazolin 6-ácido sulfónico) previamente ajustado a una absorbancia de 0.7 ± 0.02 . En seguida, las muestras se leyeron en un espectrofotómetro (UNICO-2800 UV/VIS Spectrophotometer) a una absorbancia de 732 nm. Los resultados obtenidos se expresaron en miligramos equivalentes de Trolox (mg ET)/g de muestra seca (g_{ms}).

Todos los experimentos se realizaron por triplicado.

2.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados se expresaron como la media \pm desviación estándar (DE). Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para cada parámetro.

2.7. DISEÑO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

El diseño se realizó con modelos de superficie de respuesta y gráficas de contorno mediante el programa Minitab 19, para obtener las condiciones operativas deseables, es decir, los factores independientes tal como la concentración de etanol y tiempo de ultrasonificación, para establecer los valores de respuesta de la extracción de fenoles totales y de la capacidad antioxidante a 25 °C y 50 °C.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

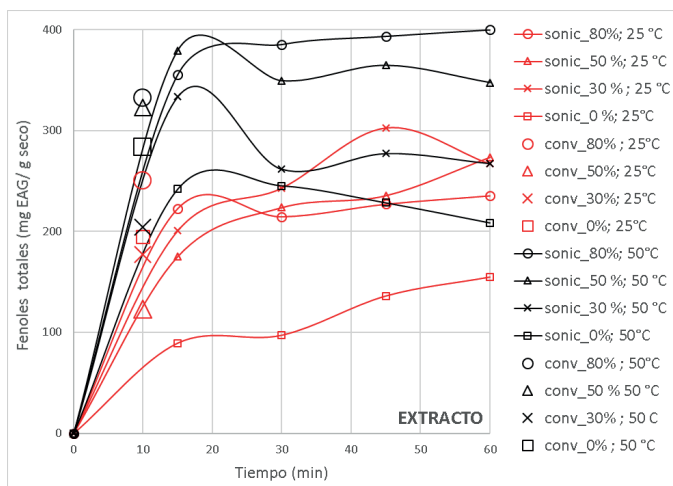
3.1. ANÁLISIS DE LOS FENOLES TOTALES DURANTE LA EXTRACCIÓN POR EL MÉTODO CONVENCIONAL Y POR ULTRASONICACIÓN

Para la extracción de fenoles totales por el método convencional que se realizó únicamente macerando las muestras por 10 min, tanto para las condiciones de temperatura de 25 y 50 °C a las diferentes concentraciones de etanol, los resultados se representaron solamente al tiempo de 10 min; pero por el método de ultrasonido las muestras se tomaron a sus respectivos tiempos como se indicó en la metodología y los resultados se representaron como una cinética, (Figura 1).

Donde se observó que la extracción de fenoles totales mediante ultrasonificación a 25 °C no fue recomendable con agua y con etanol al 80%, ya que presentaron valores bajos en la cuantificación, siendo que por el método convencional se presentó el mayor contenido, con agua fue de 194.73 ± 18 mg EAG/g_{ms} y con etanol al 80% de 250.68 ± 14 mg EAG/g_{ms}; por otro lado, usando etanol al 50% y al 30% la ultrasonificación mostró los mayores valores de concentración desde los primeros 15 min en comparación con su respectivo valor de maceración, ya que con etanol al 50% con maceración se obtuvo una concentración de 122.69 ± 23 mg EAG/g_{ms} y con ultrasonido resultó el valor más alto de 273.62 ± 14 mg EAG/g_{ms} a los 60 min; con etanol al 30 % en maceración fue de 177.30 mg EAG/g_{ms} pero con ultrasonido la mayor cantidad de extracción se presentó a los 45 min con 302.68 ± 27 mg EAG/g_{ms}. Cuando la extracción de fenoles totales se llevó a cabo a 50 °C, la concentración aumentó tanto en maceración como en ultrasonificación comparado con la temperatura de 25 °C, donde se observó que la mayor cantidad de extracción fue con ultrasonido usando etanol al 80% a los 60 min presentando una concentración de 403.30 ± 32 mg EAG/g_{ms}, al igual que en la maceración pero se cuantificó un menor contenido de 332.35 ± 18 mg EAG/g_{ms}; seguido del etanol al 50% donde a los 15 min se extrajo el mayor contenido de fenoles con 379.40 ± 23 mg EAG/g_{ms} y con maceración fue solamente de un 322.72 ± 42 mg EAG/g_{ms}. Por otro lado, la menor cantidad de fenoles totales extraídos se presentó con etanol al 30%, resultando en maceración una concentración de 204.07 ± 39 mg EAG/g_{ms} y en ultrasonido de 333.59 ± 25 mg EAG/g_{ms} a los 15 min, ya que después de este tiempo la concentración empezó a descender. Con respecto a la extracción con agua solamente la maceración fue la que resultó más eficiente obteniéndose un valor 283.58 ± 33 mg EAG/g_{ms}, debido a que con ultrasonificación la cuantificación de fenoles fue menor. En la Figura 1, se observó que la mayor eficiencia en la extracción fue con etanol al 80%, tanto para el método de maceración como por el método de ultrasonido a las dos temperaturas estudiadas, esto puede ser atribuido a

la menor polaridad del mismo en comparación con el agua, favoreciendo la solubilidad y difusión de los fenoles, y al reducir la constante dieléctrica del disolvente. La menor eficiencia de la extracción fue para el tratamiento acuoso tanto en maceración como con ultrasonido a ambas temperaturas, esto puede deberse al posible incremento en la producción de radicales, producto de la disociación del agua bajo el efecto del ultrasonido, llevando a reacciones de oxidación de los compuestos.^{10, 11}

Figura 1. Contenido de fenoles totales en los extractos del apio empleando los métodos de extracción convencional (conv) y ultrasonificación (sonic), a 25 y 50 °C, y usando etanol de 0 a 80 %.



Hay que tomar en cuenta que utilizando los dos métodos de extracción con etanol al 80% a 50 °C fueron los que resultaron con los valores más elevados de concentración, siendo que con ultrasonificación fue a partir de los 30 min; mientras que los valores más bajos fueron con la extracción con agua a 25 °C igual con ultrasonido. Cabe destacar que la extracción con agua a 50 °C utilizando ultrasonido coincide con las concentraciones obtenidas en algunos puntos a 25 °C con etanol al 30, 50 y 80%, en los tiempos de 30, 45 y 60 min, por lo que se puede ver el impacto que puede tener la temperatura del proceso de ultrasonificación que es incluso comparable con la concentración del solvente, además de que podría reducirse el uso del solvente. Sin embargo, el incremento de la temperatura aumentó la difusividad del solvente dentro de las células y potencia la desorción y solubilidad de los componentes fenólicos, aunque la temperatura no debe ser muy alta ya que los compuestos fenólicos podrían degradarse.¹² El aumento de la temperatura en extracciones sólido-líquido usualmente incrementa los componentes bioactivos, donde se ha encontrado un efecto positivo en la extracción de los fenoles mediante la extracción asistida por ultrasonido.¹³ En general, los alcoholes acuosos como el metanol y el etanol se utilizan en

la extracción de compuestos fenólicos de materiales vegetales. También el etanol mejora la solubilidad de un soluto, mientras que el agua acelera su desorción de la muestra.¹⁴ Las altas temperaturas de extracción pueden aumentar el rendimiento de los compuestos fenólicos porque las paredes celulares de las hojas se vuelven más permeables al solvente y a los componentes.¹⁵ La extracción de un material vegetal se puede realizar mediante diversas técnicas de extracción, normalmente se utilizan métodos convencionales y métodos no convencionales. Pero una técnica de extracción adecuada ayuda a aumentar el rendimiento de la extracción y a prevenir la degradación de los compuestos bioactivos extraídos, lo que permite producir compuestos naturales de mayor calidad.¹⁶

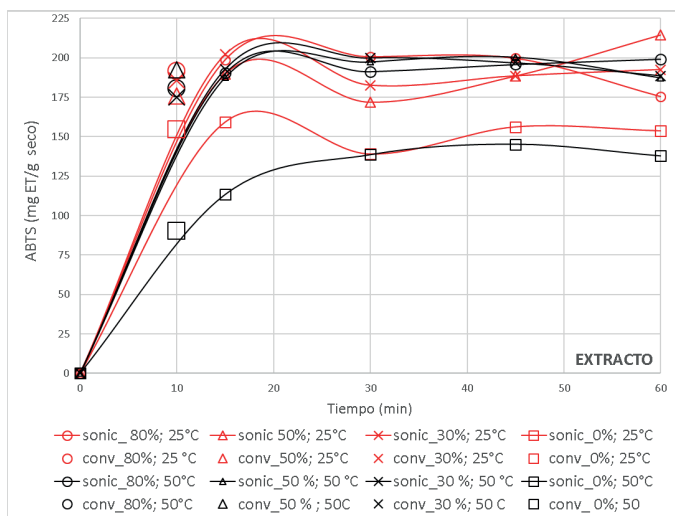
3.2. ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DURANTE LA EXTRACCIÓN POR EL MÉTODO CONVENCIONAL Y POR ULTRASONICACIÓN

De igual forma, para la cuantificación de la actividad antioxidante por el método de ABTS usando la maceración por 10 min, tanto para las condiciones de temperatura de 25 y 50 °C a las diferentes concentraciones de etanol, los resultados se representaron solamente al tiempo de 10 min; y para el método de ultrasonido las muestras se tomaron a sus respectivos tiempos como se indicó en la metodología y los resultados se representaron como una cinética (Figura 2).

En la cuantificación se observó que a la temperatura de 25 °C la extracción por el método de ultrasonificación se obtuvo la actividad más alta con etanol al 50% a los 60 min con 214.46 ± 66 mg ET/g_{ms}, seguido con etanol al 30% a los 15 min presentando 202.15 ± 58 mg ET/g_{ms}, y con etanol al 80% el poder antioxidante resultó de 200.72 ± 45 mg ET/g_{ms} a los 30 min; por otro lado, la menor capacidad antioxidante obtenida fue con agua a los 15 min con 159.23 ± 48 mg ET/g_{ms}, tal como en el contenido de fenoles totales donde la ultrasonificación también mostró los mayores resultados de concentración desde los primeros 15 min en comparación con los respectivos valores obtenidos por maceración; sin embargo, con la maceración se obtuvo el menor poder antioxidante con resultados similares en las concentración de etanol al 30, 50 y 80% de aproximadamente 184.16 ± 62 mg ET/g_{ms}, pero en la extracción con agua se observó usando tanto la maceración como el ultrasonido la cuantificación de la capacidad antioxidante fue similar ya que por maceración se resultó de 154.56 mg ET/g_{ms}, y por ultrasonido en todos los tiempos estudiados se obtuvo aproximadamente una actividad de 152 ± 47 mg ET/g_{ms}. Con respecto a la capacidad antioxidante a las condiciones de 50 °C de maceración y sonicación, fue posible identificar que nuevamente con etanol al 50 % se tuvo la mayor capacidad antioxidante en maceración y con ultrasonido, siendo que en macerado fue de 192.23 ± 44 mg ET/g_{ms} y con ultrasonido

incrementó a 200.45 ± 38 mg ET/g_{ms}, a los 45 min. En seguida, fue con etanol al 30% y después al 80%, donde al 30% en macerado el poder antioxidante resultó de 174.88 ± 36 mg ET/g_{ms} y por ultrasonido aumentó obteniéndose similar contenido en todos los tiempos de aproximadamente 194.50 ± 57 mg ET/g_{ms}, pero con etanol al 80% en maceración resultó de 180.30 ± 66 mg ET/g_{ms} y en la extracción por ultrasonido mostró un similar incremento en todos los tiempos con una capacidad antioxidante de 194.18 ± 54 mg ET/g_{ms}, cercana a la que se obtuvo usando etanol al 30%. El agua fue la más deficiente ya que con la técnica de macerado y con ultrasonificación se obtuvo el menor poder antioxidante, obteniendo en macerado una cantidad de 89.97 ± 52 mg ET/g_{ms}, aunque con ultrasonido aumentó presentando la mayor actividad de 145.16 ± 76 mg ET/g_{ms} a los 45 min.

Figura 2. Capacidad antioxidante en los extractos del apio empleando los métodos de extracción convencional (conv) y ultrasonificación (sonic), a 25 y 50 °C, y usando etanol de 0 a 80 %.



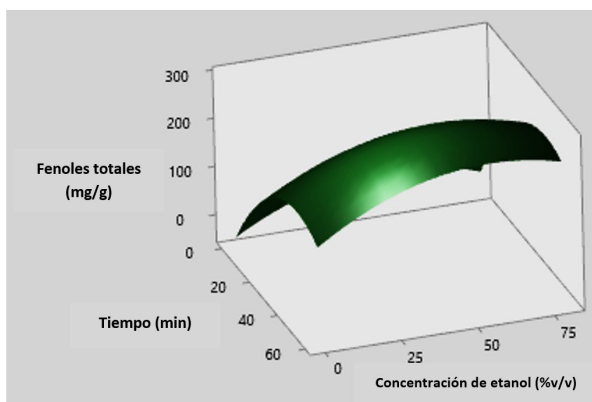
En la Figura 2, se observa más claramente el análisis de la capacidad antioxidante por el método de ABTS, donde se tuvo el resultado más alto con la concentración de etanol 50% a 25 °C en un tiempo de 60 min, y los análisis realizados con agua tanto en maceración como con ultrasonido se mostraron aislados de todas las demás condiciones. El aumento de la temperatura no brindó una ventaja sustancial en la capacidad antioxidante de las muestras. Por ejemplo, en la actividad antioxidante de los extractos de té verde se encontró que fue mayor en los extractos de etanol al 95% que en los extractos de agua caliente.¹⁷ En algunas tendencias como es el caso con etanol al 80% a los 60 min la capacidad antioxidante disminuyó, esto podría deberse a que bajo el tratamiento de ultrasonido ocurre una difusión de los compuestos bioactivos del material al disolvente y el equilibrio para la disolución podría establecerse en poco tiempo. Además, los componentes

antioxidantes pueden degradarse después de una exposición prolongada a las ondas ultrasónicas.¹⁸ Sin embargo, la presencia de diferentes componentes antioxidantes y sus interacciones dentro de las plantas se vuelve relativamente difícil de cuantificar el poder antioxidante de cada componente. Los fenoles tienen actividad antioxidante debido a sus propiedades redox, que los hacen actuar como agentes reductores, donadores de hidrógeno, eliminadores de radicales libres e inhibidores de oxígeno singlete. Aunque la actividad antioxidante de los fenólicos depende principalmente del número y la posición de los grupos hidroxilo donantes de hidrógeno en los anillo aromáticos de las moléculas. Pero la relación entre la actividad antioxidante de un extracto y su concentración de fenoles aún no es clara del todo, porque el contenido de fenoles no abarca a todos los antioxidantes, además de que existe una sinergia entre los antioxidantes de una muestra, entonces la capacidad antioxidante no solo depende de la concentración de fenoles, sino también de las interacciones de los antioxidantes.¹⁹

3.3. MODELOS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE FENOLES TOTALES

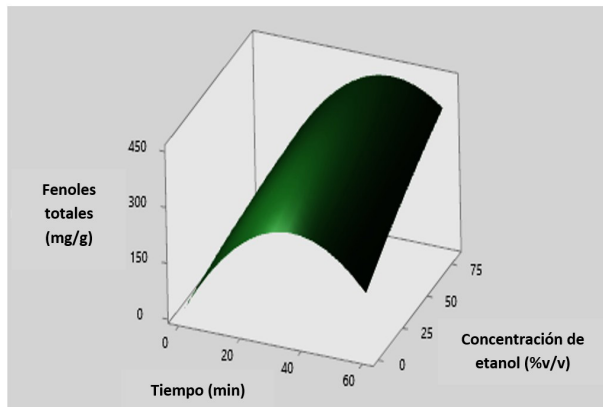
De acuerdo con el modelo de superficie de respuesta de las condiciones probadas (concentración de etanol y tiempo de ultrasonificación), tienen una repercusión o correlación con la concentración de fenoles extraídos, para ambas temperaturas a 25 y 50 °C. El modelo arrojó que las condiciones óptimas para maximizar la extracción de la concentración de fenoles totales con una temperatura de 25 °C, resultó un tiempo de 47.87 min de ultrasonificación, con una concentración de etanol del 54.94 %, para así obtener 279.19 mg EAG/g_{ms}, de acuerdo con el ajuste del modelo de superficie de respuesta (Figura 3).

Figura 3. Modelo de superficie de respuesta para la optimización de fenoles totales (mg EAG/g_{ms}) con el método de ultrasonificación a 25 °C.



En la Figura 4, se muestra el modelo de superficie de respuesta para la temperatura de 50 °C, arrojando una concentración óptima de fenoles totales de 441.38 mg EAG/g_{ms}, con una concentración de etanol del 80% y un tiempo de 43.6 min de proceso.

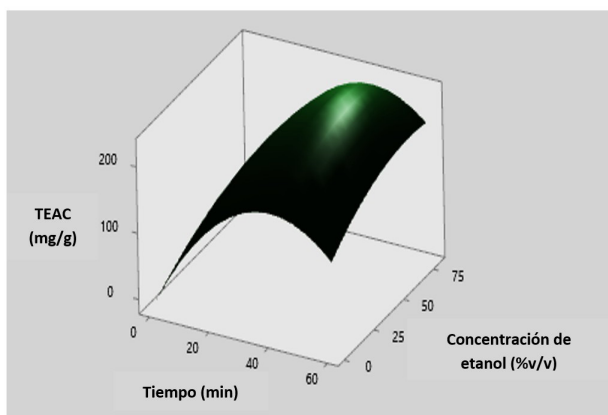
Figura 4. Modelo de superficie de respuesta para la optimización de fenoles totales (mg EAG/g_{ms}) con el método de ultrasonicación a 50 °C.



3.4. MODELOS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

El valor óptimo para obtener de la actividad antioxidante según el modelo de superficie de respuesta de los extractos tratados a 25 °C (Figura 5), fue de 222.27 mg ET/g_{ms}, con etanol a una concentración del 63% en 41.2 min.

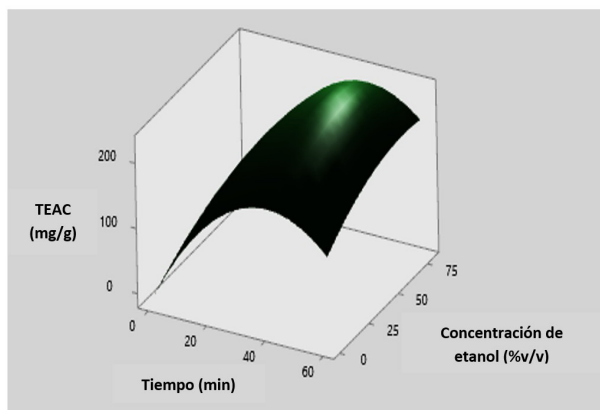
Figura 5. Modelo de superficie de respuesta para la optimización de la capacidad antioxidante (mg ET/g_{ms}) con el método de ultrasonicación a 25 °C.



Para el tratamiento a 50 °C, la concentración máxima posible fue de 228.35 mg ET/g_{ms}, similar al tratamiento de 25 °C, resultando las variables óptimas de concentración

de etanol y tiempo de 60.6% y 41.2 min, respectivamente. Esta similitud coincide con el análisis de los datos experimentales de ambas temperaturas, donde no se observó una ventaja considerable en los valores de la actividad antioxidante con el uso del ultrasonido utilizando una temperatura (Figura 6).

Figura 6. Modelo de superficie de respuesta para la optimización de la capacidad antioxidante (mg ET/g_{ms}) con el método de ultrasonificación a 50 °C.



4. CONCLUSIONES

El método de extracción por ultrasonificación presentó los resultados más altos de concentración de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en comparación con el método convencional (maceración), por lo que la ultrasonificación es recomendable para la extracción de compuestos bioactivos y/o termosensibles, observando que el etanol fue el mejor solvente para la extracción de los compuestos que el agua. Por otro lado, las condiciones óptimas para maximizar la extracción de fenoles totales a 25 °C y 50 °C de acuerdo con el modelo de superficie de respuesta, fue (47.9 min de ultrasonificación usando etanol al 55%) y (43.6 min de ultrasonificación con etanol al 80%), respectivamente. Para la actividad antioxidante a 25 °C y 50 °C fue el mismo tiempo de ultrasonificación de 41.2 min, pero la concentración de etanol fueron diferentes de 63% y 60.5%, respectivamente. De acuerdo a lo anterior, la actividad antioxidante de las hojas de apio frescas está influenciada por el contenido de compuestos fenólicos.

FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Proyecto SIP 20230484. Financiado por el Instituto Politécnico Nacional.

REFERENCIAS

1. Huang W, Ma HY, Huang Y, Li Y, Wang GL, Jiang Q, Xiong AS. 2017. Comparative proteomic analysis provides novel insights into chlorophyll biosynthesis in celery under temperature stress. *Physiologia Plantarum*, 161(4): 468-485. doi: 10.1111/ppl.12609
2. Vicencio BJ. 2016. Evaluación de la capacidad antioxidante, contenido de pigmentos y estudio de cinética de secado de descartes de hoja de apio (*Apium graveolens* L. var. dulce) [Trabajo de pregrado inédita]. Universidad de Chile.
3. Sowbhagya HB. 2014. Chemistry, technology, and nutraceutical functions of celery (*Apium graveolens* L.): an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(3): 389-398. doi: 10.1080/10408398.2011.586740
4. Mencherini T, Cau A, Bianco G, Loggia RD, Aquino RP, Autore G. 2007. An extract of *Apium graveolens* var. dulce leaves: Structure of the major constituent, apiin, and its anti-inflammatory properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 59(6): 891-897. doi: 10.1211/jpp.59.6.0016
5. Wong-Paz JE, Aguilar-Zárate P, Veana F, Muñiz-Márquez DB. 2020. Impacto de las tecnologías de extracción verdes para la obtención de compuestos bioactivos de los residuos de frutos cítricos. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 23:1-11. doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.255
6. Awad TS, Moharram HA, Shaltout OE, Asker D, Youssef MM. 2012. Applications of ultrasound in analysis processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, 48(2): 410-427. doi: 10.1016/j.foodres.2012.05.004
7. Chemat F. 2017. Ultrasound assisted extracion of food and natural products. Mechanims, tecniques, cominations, protocols and aplications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34: 540-560. doi: 10.1016/j.ultsonch.2016.06.035
8. Tavarini S, Degl'Innocenti E, Remorini D, Massai R, Guidia L. 2008. Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. *Food Chemistry*, 107: 282-288. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.08.015
9. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*. 26: 9-10. doi:10.1016/s0891-5849(98)00315-3
10. Žlabur JŠ, Voča S, Dobričević N, Plietić S, Galić A, Boričević A, Borić N. 2016. Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from lemon balm and peppermint leaves. *International Agrophysics*, 30(1): 95-104. doi: 10.1515/intag-2015-0077
11. Nepote V, Grosso NR, y Guzmán CA. 2005. Optimization of extraction of phenolic antioxidants from peanut skins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(1): 33-38. doi: 10.1002/jsfa.1933
12. Li P, Jia J, Zhang D, Xie J, Xu X, Wei D. 2014. In vitro and in vivo antioxidant activities of a flavonoid isolated from celery (*Apium graveolens* L. var. dulce). *Food & function*, 5(1): 50-56. doi: 10.1039/c3fo60273g
13. Dranca F, Oroian M. 2016. Optimization of ultrasound-assisted extraction of total monomeric anthocyanin (TMA) and total phenolic content (TPC) from eggplant (*Solanum melongena* L.) peel. *Ultrasonics Sonochemistry*, 31: 637-646. doi: 10.1016/j.ultsonch.2015.11.008

14. Safdar MN, Kausar T, Jabbar S, Mumtaz A, Ahad K, Saddozai AA. 2017. Extraction and quantification of polyphenols from kinnow (*Citrus reticulata* L.) peel using ultrasound and maceration techniques. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(3): 488-500. doi: 10.1016/j.jfda.2016.07.010
15. Lee LS, Lee N, Kim YH, Lee CH, Hong SP, Jeon YW, Kim Y. E. 2013. Optimization of ultrasonic extraction of phenolic antioxidants from green tea using response surface methodology. *Molecules*, 18(11),13530-13545. doi.org/10.3390/molecules181113530
16. Ngamwonglumlert L, Devahastin S, Chiewchan N. 2017. Natural colorants: Pigment stability and extraction yield enhancement via utilization of appropriate pretreatment and extraction methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57(15), 3243–3259. doi.org/10.1080/10408398.2015.1109498
17. Gramza A, Pawlak-Lemańska K, Korczak J, Wasowicz E, Rudzinska M. 2005. Tea extracts as free radical scavengers. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14(6): 861-867. eISSN:2083-5906
18. Xu DP, Zhou Y, Zheng J, Li S, Li AN, Li HB. 2016. Optimization of ultrasound-assisted extraction of natural antioxidants from the flower of *Jatropha integerrima* by response surface methodology. *Molecules*, 21(1),1-12. doi.10.3390/molecules21010018
19. Djeridane A, Yousfi M, Nadjemi B, Boutassouna D, Stocker P, Vidal N. 2006. Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food chemistry*, 97(4), 654-660. doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.028

SOBRE A ORGANIZADORA

La **Dra. Alda Rocío Ortiz Muñiz** es bióloga, maestra y doctora en Ciencias por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Desde 1979 desarrolla actividades académicas y de investigación en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa (UAM-I), donde actualmente es Profesora Titular “C” de tiempo completo en el Departamento de Ciencias de la Salud de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Es fundadora y responsable del Laboratorio de Biología Celular y Citometría de Flujo de la UAM-I. Sus principales líneas de investigación son: 1) el estudio de los efectos asociados con la desnutrición y la obesidad, con énfasis en alteraciones celulares, citogenéticas y genómicas; y 2) la aplicación de la citometría de flujo en investigación básica y clínica para el análisis de procesos celulares en diferentes condiciones fisiológicas y patológicas. Ha dirigido proyectos de investigación, tesis de licenciatura y posgrado, y ha contribuido a la formación de recursos humanos especializados en las áreas de nutrición, genética toxicológica, biología celular y citometría de flujo. Sus investigaciones se han centrado en el estudio de la inestabilidad genómica, la genotoxicidad y la evaluación de biomarcadores celulares en modelos experimentales y poblaciones humanas. Ha publicado artículos científicos, capítulos de libro y trabajos de divulgación, además de participar activamente en redes de colaboración académica. Fue Presidenta de la Sociedad Mexicana de Genética durante el periodo 2003–2005 y es integrante del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores desde 1986. Actualmente cuenta con el nombramiento de Investigadora Nacional Nivel III.

<https://orcid.org/0000-0003-2501-2916>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abundância 98, 99, 102, 108, 109, 113, 114, 117, 119, 120, 121, 123, 125, 128

Abundancia de microplásticos 114, 117, 119

Actividad antimicrobiana 58, 63, 64, 65, 66

Antioxidant compounds 49, 50, 51

Apio 36, 37, 38, 41, 43, 46, 47

B

Biodegradable 58, 59, 66

Biodiversidad 68, 69, 72, 74, 78, 80, 116, 124, 127

Biomonitorio ambiental 2, 10

C

Capacidad antioxidante 36, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 57

Caribe 68, 69, 84, 116, 120, 124, 128

Citometría de flujo 2, 5, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20

Contaminación lumínica 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81

Contaminación por plásticos 114, 125

Costa de El Salvador 114, 128

Cultura institucional 22

Curriculum oculto 21, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33

Cymbopogon citratus 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67

D

Desnutrición 1, 2, 3, 5, 8

E

Educación superior 22, 23, 26, 34

F

Formación odontológica 22, 23, 31

G

Genotoxicidad 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 17, 20

Gobernanza ambiental 68

H

Hidrolato 58, 60, 61, 62, 63, 66

Hidroponía 83, 88, 95, 96

I

Ictiofauna subequatorial 98

Identidad profesional 22, 34

Inmature 50

Innovación social solidaria 83

Inseguridad alimentaria 83, 84, 86, 88, 89, 93, 94, 96, 97

M

Maceración 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 46, 62

Medio ambiente 59, 60, 82, 114

Micronúcleos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17

Mugilidae 98, 104, 105, 109

P

Phenolic compounds 48, 49, 50, 51, 54

Política pública 68, 80, 96

Puerto Rico 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 111, 113

R

Ripe 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55

S

Sedimentos de playa 114, 124

Sequía 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 95, 96, 97

Socialización educativa 22

Sostenibilidad 68, 74, 79

T

Tamaulipas 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 95, 96, 97

U

Ultrasonido 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 46

