

Alda Rocío Ortiz Muñiz
(Organizadora)



ESTUDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SUAS TECNOLOGIAS

VOL II

 EDITORA
ARTEMIS
2026

Alda Rocío Ortiz Muñiz
(Organizadora)



ESTUDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SUAS TECNOLOGIAS

VOL II



EDITORA
ARTEMIS

2026



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 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	Prof. ^a Dr. ^a 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 Alda Rocío Ortiz Muñiz, Universidad Autónoma Metropolitana, 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 Emilias 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 Iara 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 Díaz, 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. Leinig 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 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 M^aGraça 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)

E82 Estudos em Ciências Biológicas e suas Tecnologias II [livro eletrônico] / Organizadora Alda Rocío Ortiz Muñiz. – 1. ed. – Curitiba, PR: Editora Artemis, 2026.
il. color.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Edição bilíngue.

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-82858-33-8

DOI 10.37572/EdArt_280926338

1. Ciências biológicas. 2. Biotecnologia. 3. Microbiologia. I. Ortiz Muñiz, Alda Rocío.

CDD 570

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PRÓLOGO

Las ciencias biológicas se caracterizan por una amplia diversidad de áreas de estudio que abarcan desde las moléculas, las células y los microorganismos hasta los procesos ecológicos y evolutivos. Esta diversidad permite abordar la complejidad de los sistemas vivos desde distintas escalas de análisis y establecer vínculos entre la investigación básica, el desarrollo biotecnológico, la salud, el ambiente y la reflexión sobre el conocimiento científico.

El segundo tomo de *Estudos em Ciências Biológicas e suas Tecnologias* reúne once capítulos que reflejan esta pluralidad de enfoques y perspectivas. Los trabajos presentan investigaciones experimentales y análisis conceptuales que exploran procesos biológicos, metodologías de estudio y aplicaciones tecnológicas en ámbitos como la biotecnología, los biomateriales, los productos naturales, la microbiología, el control biológico, la biorremediación y la evolución. En conjunto, las contribuciones muestran la diversidad de problemas y aproximaciones que caracterizan la investigación y la reflexión en las ciencias biológicas.

La obra se organiza en tres ejes temáticos que permiten articular los distintos campos de estudio y destacar las principales aportaciones de los capítulos.

El primer eje, **Biotecnología, biomateriales y aplicaciones de recursos naturales**, reúne investigaciones orientadas a la caracterización de recursos naturales, el desarrollo de materiales y la evaluación de sus propiedades biológicas. Los capítulos abordan la optimización de métodos de extracción de proteínas vegetales, la síntesis biogénica de nanopartículas de óxido de zinc mediante el uso de aceite de oliva, la evaluación citogenética de un extracto acuoso de *Taxodium mucronatum*, la elaboración de membranas de quitosano y alcohol polivinílico para el mantenimiento de células troncales mesenquimales y el estudio de la actividad antimicrobiana de aceites ozonizados. En conjunto, estos trabajos muestran distintas estrategias experimentales para el aprovechamiento de recursos naturales y el desarrollo de materiales y productos de interés biotecnológico y biomédico.

El segundo eje, **Microorganismos y estrategias de control biológico y remediación ambiental**, integra estudios sobre microorganismos, comunidades microbianas y materiales naturales en contextos agrícolas y ambientales. Las contribuciones incluyen la caracterización de una cepa bacteriana con capacidad para inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos, el análisis de poblaciones fúngicas y concentraciones de metales en aguas y suelos agrícolas, la evaluación de biomasas naturales para la remoción de cromo hexavalente y el estudio de la capacidad de

Trichoderma asperellum para remover un colorante sintético en solución acuosa. Estos trabajos exploran el potencial de los sistemas biológicos y de los recursos naturales en el control de organismos fitopatógenos y en el desarrollo de alternativas para la remoción de contaminantes.

El tercer eje, **Evolución biológica, origen del ser humano y conocimiento científico**, reúne dos capítulos que abordan cuestiones fundamentales sobre la evolución biológica, el origen del ser humano y la naturaleza del conocimiento científico. Uno de ellos examina la controversia entre evolución y creacionismo, así como los criterios epistemológicos que permiten distinguir las explicaciones científicas de otros tipos de planteamientos. El segundo aborda la cuestión de la existencia del primer ser humano. En conjunto, ambos trabajos incorporan una perspectiva reflexiva sobre la evolución, la interpretación de la evidencia y la construcción del conocimiento en las ciencias biológicas.

La integración de estos tres ejes permite reconocer las ciencias biológicas como un campo dinámico y diverso, en el que la investigación experimental, la innovación tecnológica, el estudio de los problemas ambientales y la reflexión sobre el conocimiento científico ofrecen distintas perspectivas para comprender los sistemas vivos. Los trabajos reunidos en esta obra muestran la amplitud de los temas que conforman este campo de conocimiento y la variedad de enfoques mediante los cuales se exploran sus preguntas y desafíos.

Esperamos que este volumen contribuya a la difusión del conocimiento científico, al intercambio académico entre investigadores y al fortalecimiento de nuevas perspectivas de estudio en las ciencias biológicas y sus tecnologías.

Dra. Alda Rocío Ortiz Muñiz

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Iztapalapa, México

SUMÁRIO

BIOTECNOLOGÍA, BIOMATERIALES Y APLICACIONES DE RECURSOS NATURALES

CAPÍTULO 1..... 1

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PROTEÍNA PARA HOJAS Y RAÍCES DE *Tecoma stans*

Eduardo Anaya Esteban

Mario Valera Zaragoza

Ariana Arlene Huerta Heredia

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263381

CAPÍTULO 2..... 12

SÍNTESIS BIOGÉNICA DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC CON ACEITE DE OLIVA

Mario Valera-Zaragoza

Arely García-Gómez

Ariana Arlene Huerta-Heredia

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263382

CAPÍTULO 3..... 21

EVALUACIÓN CITOGENÉTICA DEL EXTRACTO ACUOSO DE *Taxodium mucronatum* EN VICIA FABA MEDIANTE MICRONÚCLEOS

Saúl Flores-Maya

Ana Belén Palacios Loaeza

Martha Martínez-García

Erick Nolasco Ontiveros

Norberto Alarcón-Herrera

Paulina Abrica-González

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263383

CAPÍTULO 4..... 38

MEMBRANAS A BASE QUITOSANO-ALCOHOL POLIVINÍLICO CON DIVERSAS TOPOGRAFÍAS PARA EL MANTENIMIENTO DE CÉLULAS TRONCALES MESENQUIMALES

David Alejandro Macías Martín

Francisco Josué Avelar Rodríguez

Zaira Yunuen Carvajal García

Flor Yohana Flores Hernández

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263384

CAPÍTULO 5..... 50

USO DE ACEITES OZONIZADOS COMO AGENTES ANTIMICROBIANOS

Gloria Paulina Monterrubio-López

Ricardo Monterrubio-López

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263385

MICROORGANISMOS Y ESTRATEGIAS DE CONTROL BIOLÓGICO Y REMEDIACIÓN AMBIENTAL

CAPÍTULO 6..... 59

***Kosakonia cowanii* Ch1 ISOLATED FROM MEXICAN CHILI POWDER REVEALS GROWTH INHIBITION OF PHYTOPATHOGENIC FUNGI**

Jacqueline González Espinosa

Yoali Fernanda Hernández Gómez

Yomaiko Javier Martínez

Francisco Javier Flores Gallardo

Juan Ramiro Pacheco Aguilar

Miguel Ángel Ramos López

Jackeline Lizzeta Arvizu Gómez

Carlos Saldaña Gutierrez

José Alberto Rodríguez Morales

María Carlota García Gutiérrez

Aldo Amaro Reyes

Erika Álvarez Hidalgo

Jorge Nuñez Ramírez

José Luis Hernández Flores

Juan Campos Guillén

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263386

CAPÍTULO 7.....82

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUAS Y SUELOS DE TIERRAS AGRÍCOLAS

Louisiana Ivonne Espinosa Pérez

Claudia Margarita Martínez Domínguez

Adriana Rodríguez Pérez
Juan Fernando Cárdenas González
Víctor Manuel Martínez Juárez
Ismael Acosta Rodríguez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263387

CAPÍTULO 8.....92

REMOCIÓN DE CROMO (VI) EN SOLUCIÓN ACUOSA POR DIFERENTES BIOMASAS NATURALES

Nancy C. Pacheco Castillo
Dalila del Socorro Contreras Briones
Adriana Rodríguez Pérez
Juan Fernando Cárdenas González
Víctor Manuel Martínez Juárez
Ismael Acosta Rodríguez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263388

CAPÍTULO 9..... 101

REMOCIÓN DE ROJO BÁSICO 46 MEDIANTE *Trichoderma asperellum* EN SOLUCIÓN ACUOSA

Esteban Montiel Palacios
David Antonio Moreno Medina
Veronica Arellano Solis
Jose Luis Gadea Pacheco
Angie Nicole Rios López

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263389

EVOLUCIÓN BIOLÓGICA, ORIGEN DEL SER HUMANO Y CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

CAPÍTULO 10..... 109

¿EVOLUCIÓN O CREACIÓN? DARWIN, CREACIONISMO Y LOS LÍMITES DE LA CONTROVERSIA CIENTÍFICA

Humberto Álvarez Sepúlveda

 https://doi.org/10.37572/EdArt_28092633810

CAPÍTULO 11..... 121

¿EXISTIÓ EL PRIMER SER HUMANO? EL PROBLEMA DE BUSCAR UN «ADÁN BIOLÓGICO»

Humberto Álvarez Sepúlveda

 https://doi.org/10.37572/EdArt_28092633811

SOBRE A ORGANIZADORA.....133

ÍNDICE REMISSIVO134

CAPÍTULO 5

USO DE ACEITES OZONIZADOS COMO AGENTES ANTIMICROBIANOS

Data de submissão: 25/08/2026

Data de aceite: 10/09/2026

Gloria Paulina Monterrubio-López

Instituto Politécnico Nacional
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
Departamento de Microbiología
Ciudad de México
<https://orcid.org/0000-0002-2651-3977>

Ricardo Monterrubio-López

Instituto Politécnico Nacional
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
Departamento de Ingeniería Bioquímica
Ciudad de México
<https://orcid.org/0000-0003-4473-4199>

RESUMEN: Los aceites ozonizados son aceites naturales que han sido transformados por el ozono y contienen moléculas que funcionan como antimicrobianos y estimulan la regeneración de tejidos, por lo que son utilizados en el tratamiento de patologías que afectan sobre todo la dermis y mucosas; los más empleados son el aceite de girasol y el de oliva. El objetivo de la investigación fue comparar el porcentaje de reducción microbiana de tres aceites: oliva, girasol y aguacate, ozonizados y sin ozonizar, a distintos

tiempos de exposición mediante una técnica de reto microbiano. El aceite de oliva y el de aguacate presentaron un mayor porcentaje de reducción microbiana que el aceite de girasol. No se encontró diferencia aparente entre las bacterias Gram negativas o positivas, ni entre cepas sensibles o resistentes a fármacos. En la levadura *Candida albicans* se observó una mayor diferencia entre el porcentaje de reducción del aceite ozonizado y el no ozonizado, aunque fue la que presentó los valores de reducción menores en comparación con las bacterias. En la cinética de reducción microbiana, a partir de los 10 minutos de exposición de los aceites ozonizados, se alcanzaron porcentajes de reducción mayores al 95% en la cepa de *Escherichia coli*. Los aceites sin ozonizar mostraron tener un efecto antimicrobiano *per se*, atribuido a distintas moléculas presentes de manera natural en los aceites, sobre todo de oliva y aguacate. Los buenos resultados obtenidos con el aceite de aguacate impulsan a continuar con su estudio en futuras determinaciones. Dado el problema tan grave de salud pública relacionado con la resistencia a antibióticos que se está viviendo en el mundo, los aceites ozonizados son una alternativa que puede ayudar complementando las terapias de los pacientes, a un bajo costo y con menores efectos secundarios.

PALABRAS CLAVE: aceite ozonizado; antimicrobiano; aceite de oliva; aceite de girasol; aceite de aguacate.

ABSTRACT: Ozonated oils are natural oils structurally transformed by ozone, containing bioactive molecules with antimicrobial properties and tissue-regenerative potential. They are widely applied in pathologies affecting the dermis and mucosal surfaces, with sunflower and olive oils being the most commonly used. The aim of this study was to compare the microbial reduction percentage of three oils: olive, sunflower and avocado, both ozonated and non-ozonated, at different exposure times using a microbial challenge assay. Olive and avocado oils exhibited higher microbial reduction percentages compared to sunflower oil. No apparent differences were observed between Gram-negative and Gram-positive bacteria, nor between drug-sensitive and drug-resistant strains. In *Candida albicans*, a greater difference was noted between ozonated and non-ozonated oils, although this yeast showed the lowest reduction values compared to bacteria. In the microbial reduction kinetics, it was observed after 10 minutes of exposure, that all ozonized oils achieved microbial reduction rates above 95%. Non-ozonized oils also demonstrated intrinsic antimicrobial activity, attributed to naturally occurring molecules, particularly in olive and avocado oils. The promising results obtained with avocado oil encourage further investigation in future studies. Considering the global public health challenge posed by antibiotic resistance, ozonated oils represent a cost-effective alternative that may complement patient therapies with fewer side effects.

KEYWORDS: ozonated oils; antimicrobial agent; sunflower oil; olive oil; avocado oil.

1. INTRODUCCIÓN

Los aceites ozonizados son compuestos elaborados a partir del burbujeo de ozono en distintos tipos de aceites naturales, los más utilizados y estudiados son los de oliva y girasol, sin embargo, también se han desarrollado análisis con aceites de nuez, arroz, maíz, mostaza, soya, semillas de uvas, entre otros. Su principal uso es en el área médica, para el tratamiento de patologías en piel, odontológicas, ginecológicas y gástricas, ya que tienen efectos antimicrobianos así como de regeneración de tejidos y antiinflamatorios (De Almeida *et al.*, 2012; Martínez-Sánchez, 2021; Ugazio *et al.*, 2020). También se ha iniciado su investigación en otras aplicaciones como en la conservación de alimentos y control de plagas en la agricultura (Aura *et al.*, 2025; Dominguez-Lacueva *et al.*, 2026).

Hasta el momento no se ha identificado que este tipo de compuestos tengan efectos secundarios ni tampoco que generen fenómenos de resistencia antimicrobiana, adicionalmente, son fáciles de aplicar y de bajo costo, lo que los hace una gran alternativa para emplearse en el cuidado de la salud (Colombo *et al.*, 2018).

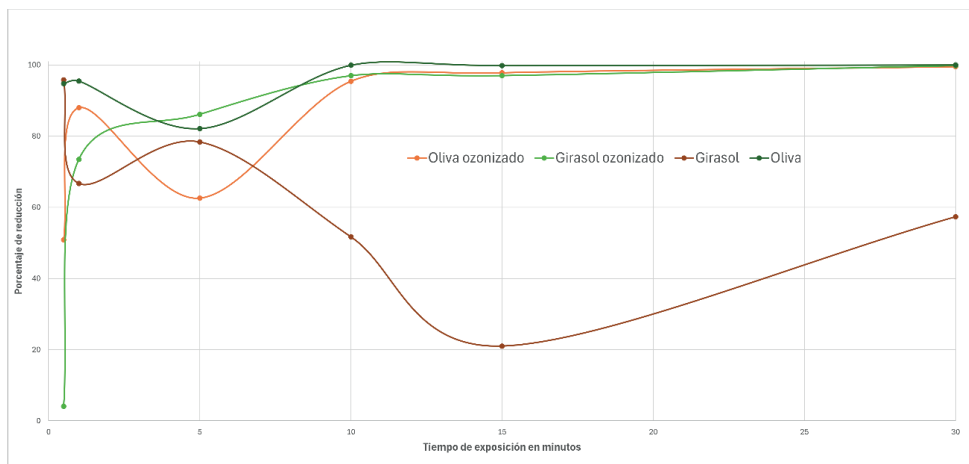
El aceite ozonizado de aguacate no ha sido evaluado como agente antimicrobiano, sin embargo, en nuestro país es un elemento de alta producción e interés cultural, el cual es interesante de investigar. El objetivo de la investigación fue comparar el porcentaje de reducción microbiana de tres aceites: oliva, girasol y aguacate, ozonizados y sin ozonizar, a distintos tiempos de exposición mediante una técnica de reto microbiano, bajo la hipótesis de que, a mayor contenido de lípidos poliinsaturados, mayor generación de compuestos antimicrobianos.

2. DETERMINACIONES ANTIMICROBIANAS

Existen diferentes metodologías que permiten evaluar el efecto antimicrobiano *in vitro* de una sustancia: métodos de difusión, con el uso de sensidiscos, y métodos de dilución, donde se incluyen la concentración mínima inhibitoria (MIC) y la concentración mínima bactericida (MBC), siendo éstas últimas las más empleadas; sin embargo, los métodos no tienen la misma sensibilidad y los resultados pueden estar influenciados por el grado de solubilidad del compuesto (Ramírez y Marín, 2009). En el caso de los aceites ozonizados que se emplean para uso dérmico, éstos deben evaluarse mediante la técnica de reto microbiano según la Norma Mexicana NMX-BB-040-SCFI-1999, para demostrar su efecto germicida, en donde se incluyen tiempos específicos de exposición al agente utilizando una alta concentración de microorganismos para simular condiciones de peor caso.

En nuestro laboratorio se aplicó la técnica de reto microbiano con una cepa de *Escherichia coli* aislada de una úlcera de pie y ajustada a una concentración de 10^8 UFC/mL, utilizando diferentes tiempos de exposición. Los aceites empleados fueron ozonizados durante cuatro horas a 38°C con un flujo de gas de ozono de $\frac{3}{4}$ de litro por minuto, llegando a una concentración final de 35 µg/mL. Para poder detener la reacción del agente antimicrobiano en el tiempo especificado, se empleó un neutralizante, conformado por la mezcla de Tween 80, lecitina de soya y tiosulfato de sodio; este neutralizante fue evaluado previamente para demostrar que no fuera tóxico para los microorganismos analizados. Se realizaron los ensayos de reto y se comparó el efecto del aceite de oliva y girasol ozonizados con los no ozonizados obteniéndose los resultados que se muestran en la Figura 1.

Figura 1. Cinética de reducción microbiana de *E. coli* con aceites de oliva y girasol ozonizados y sin ozonizar. Elaboración propia.



En nuestros resultados se observa un incremento importante en el efecto antimicrobiano del aceite de girasol ozonizado a partir del primer minuto de exposición, comparado con el aceite de girasol no ozonizado, sin embargo, este efecto no se ve en el aceite de oliva, ya que incluso el aceite sin ozonizar presenta un valor de reducción antimicrobiana mayor que el ozonizado y que el de girasol. Es difícil comparar estos resultados con los obtenidos por otros grupos de investigación, debido a la metodología empleada, ya que la mayoría determina la MIC.

Vieira y colaboradores en el 2025 realizaron un trabajo utilizando una técnica parecida, exponiendo también a diferentes tiempos, pero únicamente evalúan aceite de girasol ozonizado, por lo que no se puede ver la comparación con el resto de los aceites ozonizados y sin ozonizar, además de realizar la prueba hasta los dos minutos, mientras que nosotros prolongamos el análisis hasta los 30 minutos. Los porcentajes de reducción que obtuvieron son mucho mayores que los nuestros y esta diferencia puede deberse a múltiples factores: el tipo de aceite empleado en cuanto a su origen y pureza, las condiciones de conservación del aceite y el grado de ozonización derivado del uso de distintos equipos y de variaciones en los tiempos y técnicas de burbujeo. Ellos manejaron una concentración de 60 $\mu\text{g/mL}$ en el aceite ozonizado, a diferencia de nosotros que obtuvimos una concentración de 35 $\mu\text{g/mL}$, lo anterior indica que, según los porcentajes de reducción obtenidos, los aceites de oliva permitirían generar una reducción microbiana igual o mayor que el de girasol con un costo menor de ozonización.

Es interesante observar en nuestra cinética que existe un efecto antimicrobiano en los primeros minutos que disminuye y posteriormente vuelve a incrementarse,

manteniéndose estable y alcanzando su nivel máximo en casi todos los aceites a los 30 minutos. Es por lo que, realizamos nuevamente la técnica de reto microbiano, pero ahora únicamente exponiendo a los 30 minutos con diferentes cepas de referencia y aislados clínicos, provenientes de la colección microbiana del Laboratorio de Producción y Control de Biológicos de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Porcentajes de reducción microbiana de aceites de oliva y girasol ozonizados y sin ozonizar en diferentes cepas.

Cepa	Oliva	Oliva ozonizado	Girasol	Girasol ozonizado
<i>C. albicans</i> ATCC 10231	39.428	> 99.999	31.428	79.000
<i>S. aureus</i> (a.c.) ^a	> 99.999	99.999	58.090	76.476
<i>S. epidermidis</i> ATCC 12228	> 99.999	> 99.999	55.450	58.136
<i>E. coli</i> ATCC 8739	> 99.999	> 99.999	52.603	48.905
<i>A. baumannii</i> (a.c. Acb07) ^b	99.963	99.988	85.887	89.679
<i>A. baumannii</i> (a.c. Acb18) ^a	99.998	>99.999	91.593	96.333
<i>P. aeruginosa</i> (a.c. Pa14) ^a	99.565	99.955	68.803	82.479
<i>P. aeruginosa</i> (a.c. Pa63) ^b	99.999	>99.999	93.795	94.821

Notas: a.c.: aislado clínico, ^aaislado sensible a antibióticos ^baislado resistente a antibióticos. Elaboración propia.

Los porcentajes de reducción obtenidos en las distintas cepas fueron mayores en los aceites de oliva que en los de girasol y casi iguales en el aceite de oliva ozonizado y sin ozonizar, a excepción de la levadura. La cepa de *C. albicans* ATCC 10231 tiene una reducción microbiana de 5 logaritmos con el aceite de oliva ozonizado, es precisamente la cepa donde la ozonización marca la mayor diferencia: 39,4 % en el aceite de oliva sin ozonizar frente a > 99,999 % en el aceite ozonizado; también en el aceite de girasol se observa mayor porcentaje de reducción en el aceite ozonizado, pero los valores no son tan altos como en el de oliva. No se identificó una diferencia en el porcentaje de reducción entre microorganismos Gram negativos y positivos.

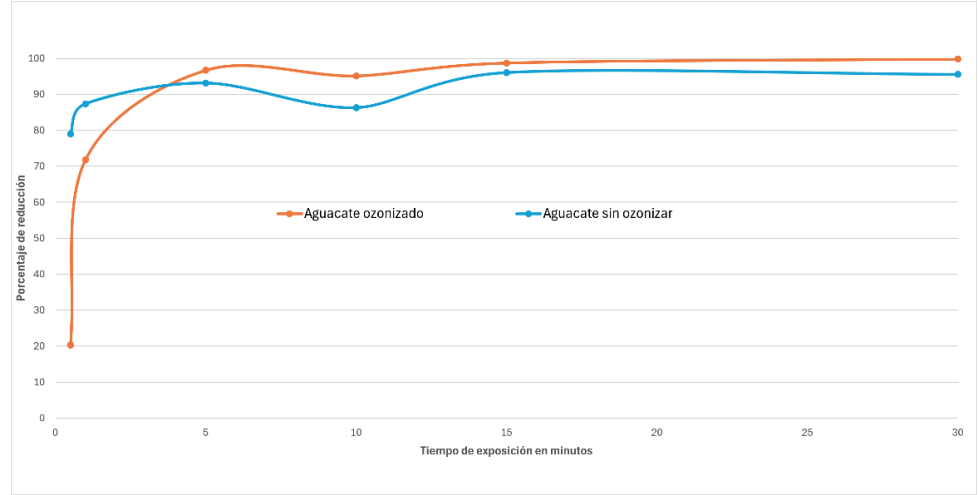
En este ensayo se incluyeron dos cepas resistentes a antibióticos: la cepa de *Pseudomonas aeruginosa* Pa63, la cual se clasifica como pan-resistente (PDR) y la de *Acinetobacter baumannii* Acb07, la cual es extremadamente resistente (XDR) (Monterrubio-López *et al.*, 2023). Estas cepas también mostraron sensibilidad a los aceites, lo que coincide con otros trabajos como el de Di Pietro y colaboradores del 2022 y el de Wang y colaboradores del 2021, donde observaron sensibilidad a extractos de aceite de oliva en cepas de *Staphylococcus aureus*, *P. aeruginosa*, *E. coli* y *Klebsiella pneumoniae* resistentes a antibióticos. Estos resultados son alentadores tomando en cuenta el panorama que existe en el mundo ante la problemática de resistencia a

antibióticos, convirtiendo a estos compuestos en una alternativa para complementar los tratamientos médicos.

3. EFECTO ANTIMICROBIANO DEL ACEITE DE AGUACATE

El aguacate, originario de Mesoamérica y cultivado extensamente en México, representa no sólo un recurso agrícola de relevancia mundial, sino también un componente esencial de la identidad cultural y económica del país, cuyo impacto nutricional y potencial biotecnológico lo posicionan como un alimento estratégico en la investigación científica contemporánea. Es por ello que realizamos un ensayo de reto microbiano utilizando aceite de aguacate ozonizado y sin ozonizar, empleando diferentes tiempos de exposición a una cepa de *E. coli* aislada de una úlcera de pie, los porcentajes de reducción obtenidos se muestran en la Figura 2.

Figura 2. Cinética de reducción microbiana de *E. coli* con aceites de aguacate ozonizados. Elaboración propia.



En los resultados se puede observar que el aceite de aguacate por sí mismo muestra un efecto antimicrobiano ante la cepa de *E. coli*, el cual se ve incrementado con la ozonización, observándose un mayor porcentaje de reducción después de los cinco minutos de exposición. Si comparamos los resultados con los del aceite de oliva y girasol ozonizados, podemos ver que el efecto es casi el mismo que el de oliva y mayor que el de girasol. Hay pocos estudios disponibles respecto al aceite de aguacate, los cuales se enfocan principalmente en sus propiedades fisicoquímicas y aplicaciones agrícolas, por lo que su actividad antimicrobiana ante *E. coli* nos impulsa a seguir investigando su efecto en otros microorganismos (Aura *et al.*, 2025).

4. MECANISMOS DE ACCIÓN ANTIMICROBIANA

El ozono al ponerse en contacto con los aceites vegetales transforma su estructura química a través de reacciones de ozonólisis, rompiendo los dobles enlaces de los triacilglicéridos insaturados, generando una mezcla de distintos compuestos: ozónidos, peróxidos, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos. Estos compuestos son los que contribuyen al efecto antimicrobiano al romper la integridad de la membrana celular de los microorganismos a través de una peroxidación lipídica y la desnaturalización de proteínas (De Almeida *et al.*, 2012; Martínez-Sánchez, 2021).

De acuerdo al mecanismo de acción, se supondría que, a mayor contenido de lípidos poliinsaturados, habría mayor generación de compuestos antimicrobianos. Como se muestra en la Tabla 2, el aceite de girasol contiene una mayor proporción de ácido linoleico, el cual es un lípido poliinsaturado, aproximadamente contiene entre un 48 y 74% dependiendo de su origen y pureza, a diferencia de los aceites de oliva y aguacate, los cuales tienen mayor proporción de ácido oleico, entre un 53 y 83%, el cual presenta un menor número de insaturaciones en su estructura; con los datos anteriores supondríamos que los aceite de oliva y aguacate tendrían un menor efecto antimicrobiano, lo cual es contrario a nuestros resultados, donde su porcentaje de reducción es mayor que el del aceite de girasol.

Tabla 2. Contenido de ácidos oleico y linoleico en los aceites de oliva, girasol y aguacate.

Aceite	Ácido oleico (%)	Ácido linoleico (%)	Tipo predominante de insaturación	Referencia
Aguacate	53.6–72.1	8.6–15.2	Monoinsaturado	Sánchez-González et al., 2025
Oliva	55–83	3.5–21	Monoinsaturado	International Olive Council, 2026
Girasol	14–39.4	48.3–74	Poliinsaturado	Codex Alimentarius, 2001

Nota: Los rangos de composición de los ácidos grasos pueden variar en función de la variedad, origen geográfico, condiciones de cultivo, grado de madurez, método de extracción y procesamiento del aceite. Elaboración propia.

Adicionalmente, estamos viendo un efecto antimicrobiano en los aceites sin ozonizar, sobre todo de oliva y aguacate, lo que comprueba que existen otros compuestos presentes de forma natural en los aceites que también tienen efecto contra los microorganismos, como pueden ser los polifenoles, aldehídos y monoglicéridos. Estos compuestos son componentes minoritarios del aceite de oliva, que se encuentran en mayor proporción en el extra virgen. En el caso del aceite de girasol éstos compuestos casi no están presentes,

lo que puede justificar el comportamiento en la cinética de reducción microbiana de estos aceites (Medina *et al.*, 2006; Sánchez-Rodríguez y Mesa, 2018).

5. CONCLUSIONES

Los aceites ozonizados demostraron un efecto antimicrobiano significativo frente a *Escherichia coli*, alcanzando porcentajes de reducción superiores al 95% después de 10 minutos de exposición.

Los aceites de oliva y aguacate mostraron una actividad antimicrobiana mayor que el aceite de girasol, incluso en su forma no ozonizada, lo que sugiere la presencia de compuestos naturales con efecto germicida.

No se observaron diferencias relevantes en la sensibilidad entre bacterias Gram positivas y Gram negativas, ni entre cepas sensibles o resistentes a antibióticos, lo que refuerza el potencial de estos aceites como alternativas frente a la resistencia antimicrobiana.

La levadura *Candida albicans* fue el microorganismo con menor porcentaje de reducción, pero donde más se notó la diferencia entre el efecto antimicrobiano de los aceites ozonizados y no ozonizados.

El aceite de aguacate presentó resultados prometedores, posicionándose como un candidato atractivo para futuras investigaciones en el campo de la microbiología aplicada y la biotecnología.

Considerando la problemática global de resistencia a antibióticos, los aceites ozonizados representan una alternativa terapéutica complementaria, de bajo costo, biocompatible y con menores efectos secundarios, que puede contribuir al cuidado de la salud pública.

6. AGRADECIMIENTOS

Gloria Paulina Monterrubio López agradece al Instituto Politécnico Nacional por el soporte financiero proporcionado a través de la Secretaría de Investigación y Posgrado, bajo los proyectos de investigación con número 20211273 y 20241020.

REFERENCIAS

AURA, R.; SANTIAGO, A.; ALEJANDRO, H.-S.; NELSON, C.-A. (2025). **Effect of ozonated avocado and high-oleic palm oils on “Bolo Verde” variety squash**. Horticulturae, v. 11, n. 6, p. 676. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae11060676>.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. (2001). **Codex standard for named vegetable oils (CXS 210-1999)**. Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization.

COLOMBO, M.; CECI, M.; FELISA, E.; POGGIO, C.; PIETROCOLA, G. (2018). **Cytotoxicity evaluation of a new ozonized olive oil**. *European Journal of Dentistry*, v. 12, n. 4, p. 585-589. DOI: 10.4103/ejd.ejd_422_18. PMID: 30369807; PMCID: PMC6178687.

DE ALMEIDA, N. R.; BEATRIZ, A.; MICHELETTI, A. C.; DE ARRUDA, E. J. (2012). **Ozonized vegetable oils and therapeutic properties: A review**. *Orbital Electron Journal of Chemistry*, v. 4, p. 313–326.

DI PIETRO, M.; FILARDO, S.; MATTIOLI, R.; FRANCOSE, A.; RAPONI, G.; MOSCA, L.; SESSA, R. (2022). **Extra virgin olive oil-based green formulations with promising antimicrobial activity against drug-resistant isolates**. *Frontiers in Pharmacology*, v. 13, p. 885735. DOI: 10.3389/fphar.2022.885735.

DOMINGUEZ-LACUEVA, P.; CORELLA-GUILLAMÓN, P.; CANTALEJO-DÍEZ, M. J. (2026). **Exploring ozonated vegetable oils as antimicrobial and functional agents in food systems: A systematic narrative review**. *Foods*, v. 15, n. 11, p. 1850. DOI: 10.3390/foods15111850. PMID: 42279639; PMCID: PMC13257085.

INTERNATIONAL OLIVE COUNCIL. (2026). **Trade standard applying to olive oils and olive-pomace oils (COI/T.15/NC No 3/Rev.22/2026)**. International Olive Council.

MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, G. (2021). **Racional científico para las aplicaciones médicas de los aceites ozonizados, actualización**. *Ozone Therapy Global Journal*, v. 11, n. 1, p. 201-237. ISSN: 2174-3215.

MEDINA, E.; DE CASTRO, A.; ROMERO, C.; BRENES, M. (2006). **Comparison of the concentrations of phenolic compounds in olive oils and other plant oils: correlation with antimicrobial activity**. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 54, n. 14, p. 4954-4961. DOI: 10.1021/jf0602267. PMID: 16819902.

MONTEERRUBIO-LÓPEZ, G. P.; MENDIETA-PÉREZ, C. C.; SANTIAGO-CARRILLO, M.; MONTEERRUBIO-LÓPEZ, R. (2023). **Antimicrobial effect of olive and sunflower oils determined by microbial challenge**. *Journal of Basic Biomedical Research*, v. 7, p. 1–7.

RAMÍREZ, L. E.; MARÍN CASTAÑO, D. (2009). **Metodologías para evaluar in vitro la actividad antibacteriana de compuestos de origen vegetal**. *Scientia et Technica*, v. XV, n. 42, art. 42.

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L.; et al. (2025). **Joint metabolites for avocado oil identity: fatty acid profiles and fatty alcohol esters as unique derivatives**. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.4c06815>.

SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, M.; MESA, M.; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, E.; MARÍA, C.; GARCÍA, D. (2018). **Compuestos bioactivos del aceite de oliva virgen**. *Nutrición Clínica y Medicina*, v. 12, p. 80–94.

UGAZIO, E.; TULLIO, V.; BINELLO, A.; TAGLIAPIETRA, S.; DOSIO, F. (2020). **Ozonated oils as antimicrobial systems in topical applications: their characterization, current applications, and advances in improved delivery techniques**. *Molecules*, v. 25, n. 2, p. 334. DOI: 10.3390/molecules25020334. PMID: 31947580; PMCID: PMC7024311.

VIEIRA, M. H.; BORESKI, D.; FRANZEN MATTE, B.; ARIAS, J. L. d. O.; JÚNIOR, C. M.; BAUAB, T. M.; GABRIEL, S. A.; CHIN, C. M. (2025). **Ozonized sunflower oil: standardization and mechanisms of the antimicrobial effect**. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 26, n. 18, p. 9156. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms26189156>.

WANG, X.; LIAO, D.; JI, Q. M.; YANG, Y. H.; LI, M. C.; YI, X. Y.; LI, C.; CHEN, Y.; TAO, H. B.; ZHAI, W. H. (2022). **Analysis of bactericidal effect of three medical ozonation dosage forms on multidrug-resistant bacteria from burn patients**. *Infection and Drug Resistance*, v. 15, p. 1637-1643. DOI: 10.2147/IDR.S353277. PMID: 35418764; PMCID: PMC8995158.

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.

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

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aceite de aguacate 50, 55, 57

Aceite de girasol 50, 53, 54, 56, 57

Aceite de oliva 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 58

Aceite ozonizado 50, 52, 53, 54

Aguas 82, 83, 85, 93, 94, 99, 100, 103, 106

Alcohol polivinílico 38, 39, 40, 42, 46, 47

Ammonium sulfate precipitation 1

Antimicrobiano 13, 24, 50, 52, 53, 55, 56, 57

Azocolorante 101, 102, 104, 106

B

Biocontrol 60, 62, 70, 75, 76, 78, 79

Biodegradación 102, 105, 106

Biomassas naturales 92, 93

Biorremediación 90, 93, 95, 102, 103, 106, 107

C

Células troncales mesenquimales 39, 40, 42, 45, 46, 47

Chili powder 59, 60, 62, 74, 75, 79, 80

Citotoxicidad 22, 25, 27, 33, 35

Contaminación 26, 83, 84, 90, 91, 93, 101, 107

Creacionismo 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 119

Cromo (VI) 92, 93, 94, 99, 100

Cupressaceae 22, 37

D

Darwinismo 109

Demarcación científica 109, 111

E

Eliminación 90, 93, 99, 100, 107

Especiación 111, 117, 121, 123, 124, 125

Evolución biológica 109, 110, 122

Evolución humana 121, 122

Extracción de proteína de plantas 1

F

Fungal pathogens 60, 64, 71

G

Genética de poblaciones 118, 121, 123, 129

Genome sequencing 60, 62, 64, 74, 75, 77, 78

H

Homo sapiens 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132

Hongos contaminantes 83, 84

I

Índice mitótico 22, 27, 28, 29, 33, 34, 35, 36

K

Kosakonia cowanii Ch1 59, 60, 61

L

Lacasas 102, 103, 105, 106

M

Membranas 13, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 47, 48, 103

Metales pesados 82, 83, 84, 85, 86, 90, 91, 93, 94, 99

Morfología 12, 18, 19, 20, 39, 40, 42, 46, 48, 122, 127

N

Nanopartículas 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20

Naturaleza de la ciencia 109, 118

O

Óxido de zinc 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19

P

Paleoantropología 121, 122, 123

Planta medicinal 3, 22

Q

Quitosano 38, 39, 40, 42, 43, 46, 47, 48

S

Síntesis biogénica 12, 18, 20

Suelos 82, 83, 84, 94

T

Taxodium huegelii 22, 37

TCA/acetona 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

Tierras agrícolas 82, 83

TRI-Reagent 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9

V

Volatile organic compounds 60, 62, 64, 70, 72, 74, 80

