

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 Godínez, 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 CONTROVERSI 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 2

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

Data de submissão: 24/08/2026

Data de aceite: 10/09/2026

Mario Valera-Zaragoza

Universidad del Papaloapan
Centro de Investigaciones Científicas
Instituto de Química Aplicada
Oaxaca – México
<https://orcid.org/0000-0003-4341-5997>

Arely García-Gómez

Universidad del Papaloapan
Licenciatura en Ciencias Químicas
Oaxaca – México

Ariana Arlene Huerta-Heredia

Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación (SECIHTI)
Ciudad de México – México
Universidad del Papaloapan
Centro de Investigaciones Científicas
Instituto de Biotecnología
Oaxaca – México
<https://orcid.org/0000-0003-4182-1529>

RESUMEN: El óxido de zinc (ZnO) es un compuesto químico ampliamente utilizado en biomedicina por sus propiedades antimicrobianas. Estas propiedades pueden

incrementarse si el ZnO se encuentra en forma de partículas de tamaño nanométrico. Existen métodos químicos convencionales para sintetizar nanopartículas de ZnO. Sin embargo, desde algunos años, la síntesis biogénica de nanopartículas a través de compuestos naturales se ha consolidado como una alternativa más respetuosa con el medio ambiente. Por lo tanto, este trabajo presenta la obtención de nanopartículas de ZnO mediante síntesis biogénica, utilizando aceite de oliva como agente reductor y estabilizante. El objetivo es explorar una metodología sencilla y accesible para obtener nanopartículas de ZnO, aprovechando las propiedades reductoras de los metabolitos secundarios presentes en el aceite de oliva virgen extra. Para ello, se evaluó el comportamiento de la síntesis utilizando diferentes proporciones entre el precursor de zinc y el aceite de oliva. Durante el proceso de síntesis se observaron cambios de color, pasando de amarillo a tonalidades verdes. Mediante microscopia electrónica de barrido por emisión de campo (FE-SEM), se observó una morfología heterogénea que incluyó a las partículas con dimensiones inferiores a 100 nm. En general, los resultados respaldan la viabilidad de utilizar aceite de oliva para sintetizar nanopartículas de ZnO mediante un proceso sencillo y alineado con los principios de síntesis verde.

PALABRAS CLAVE: óxido de zinc; nanopartículas; aceite de oliva; síntesis biogénica; morfología.

ABSTRACT: Zinc oxide (ZnO) is a chemical compound widely used in biomedicine for its antimicrobial properties. These properties can be enhanced if ZnO is constituted as nanometric-sized particles. There are conventional chemical methods exist for synthesizing ZnO nanoparticles. However, for some years now, a more environmentally friendly alternative has been the biogenic synthesis of nanoparticles. Therefore, this work shows the preparation of ZnO nanoparticles by biogenic synthesis using extra virgin olive oil as a reducing and stabilizing agent. The objective was to explore a simple and accessible methodology for obtaining ZnO nanoparticles, taking advantage of the reducing qualities of the secondary metabolites contained in extra virgin olive oil. To this end, the synthesis behavior was evaluated using different ratios of zinc precursor to olive oil. During the synthesis, color changes were observed, shifting from yellow to different shades of green. Using field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), a heterogeneous morphology with particles of dimensions less than 100 nm were observed. Overall, the results support the feasibility of using extra virgin olive oil to synthesize ZnO nanoparticles through a simple process and aligned with green synthesis principles.

KEYWORDS: zinc oxide; nanoparticles; olive oil; biogenic synthesis; morphology.

1. INTRODUCCIÓN

El óxido de zinc (ZnO) es un compuesto altamente valorado por sus propiedades fisicoquímicas. En biomedicina, es ampliamente utilizado debido a su comportamiento antimicrobiano (Alyamani et al., 2021). El ZnO es un semiconductor con un valor de banda de energía prohibida (banda gap) de alrededor de 3.3 eV. Cuando se incide una cantidad de energía equivalente al valor de la banda gap ocurre un desplazamiento de electrones de la banda de valencia a la banda de conducción, generando la formación de pares electrón-hueco, los cuales al interactuar con el oxígeno del entorno producen especies reactivas de oxígeno (ROS; por sus siglas en inglés) (He et al., 2016). La generación de ROS puede causar estrés oxidativo a membranas celulares o componentes microbianos. Las propiedades antimicrobianas del ZnO pueden incrementarse si el compuesto está constituido por partículas con tamaño nanométrico. Además de ROS otros fenómenos, tales como la liberación de iones Zn^{+2} o a la interacción física de las nanopartículas de ZnO con la pared celular conducen a la deformación y ruptura de la membrana (Saliani et al., 2016). Las partículas con tamaño nanométrico presentan una alta relación área superficial-volumen, lo cual conduce a una mayor interacción con microorganismos, potencializando su actividad antimicrobiana.

Existen diversos métodos para sintetizar nanopartículas de ZnO, tales como ablación laser, sputtering y otros (enfoque “top-down”), procesos sol-gel, electrodeposición, síntesis química, etc (enfoque “bottom-up”) (Luque-Morales et al., 2021). Sin embargo, en

los últimos años se ha logrado sintetizar nanopartículas utilizando recursos de origen natural. Estos métodos entran dentro del enfoque “bottom-up” pero funcionan como una alternativa viable y “verde” frente a procedimientos convencionales que pueden requerir condiciones más complejas, costosas y que requieren disolventes orgánicos o sustancias químicas potencialmente perjudiciales al ser humano o al medio ambiente. En este contexto, existen diversos productos naturales, tales como proteínas, azúcares, aceites y extractos vegetales que contienen compuestos bioactivos capaces de participar en los procesos de reducción y estabilización para la formación de nanopartículas (El-saadony et al., 2024, Ramírez-Hernández et al., 2022).

Por lo tanto, el presente trabajo consiste en un estudio exploratorio de la síntesis de nanopartículas de óxido de zinc (NPs-ZnO) empleando una sal precursora de zinc y aceite de oliva virgen extra como recurso de origen natural. La metodología propuesta considera el empleo de condiciones controladas de agitación y temperatura, con el propósito de favorecer la formación y estabilidad de las nanopartículas obtenidas. El objetivo fue aprovechar los compuestos químicos naturales con capacidad reductora del aceite de oliva virgen extra, tales como los fenoles, para obtener a las nanopartículas de ZnO.

El aprovechamiento de los recursos naturales como métodos alternativos para la síntesis de ZnO permite explorar metodologías más accesibles y con un enfoque orientado hacia procesos de menor impacto ambiental (síntesis verde). Por ello, la obtención de nanopartículas de ZnO utilizando aceite de oliva virgen extra constituye una estrategia de interés para explorar nuevas posibilidades en la generación de materiales con propiedades antimicrobianas y potencial utilidad en aplicaciones relacionadas con la atención y recuperación de lesiones cutáneas (tratamiento de heridas y quemaduras) y cuidados posoperatorios.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIA PRIMA

Para la síntesis de las nanopartículas de ZnO se utilizó nitrato de zinc hexahidratado ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) como sal precursora y aceite de oliva virgen extra como agente reductor y estabilizante, agua destilada, disolventes hexano y diclorometano (Sigma Aldrich) para la preparación de muestras.

2.2. SÍNTESES DE LAS NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC

Para llevar a cabo la síntesis, primero se preparó una disolución acuosa de $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ a una concentración de 0.1 M. Posteriormente, diferentes cantidades de la disolución fueron mezcladas por separado y directamente con aceite de oliva virgen extra. Considerando un volumen total de 100 mL, se mezclaron contenidos de disolución de sal precursora y de aceite de oliva virgen extra tal como se indica en la Tabla 1. Los experimentos de síntesis fueron realizados bajo condiciones controladas de temperatura, agitación y tiempo de reacción. Cada reacción se llevó a cabo bajo agitación magnética constante, a una temperatura de 60 °C durante 3 h. El comportamiento físico de cada reacción, tal como el cambio de color, fue monitoreado visualmente. Una vez finalizadas las reacciones fueron almacenadas en refrigeración para su posterior caracterización.

Tabla 1. Datos de las reacciones realizadas.

Reacción	Sal precursora	Aceite de oliva
Blanco	0.5 mL de H_2O	50 mL
RxnA-5	50 mL	5 mL
RxnA-25	50 mL	25 mL
RxnAS-50	50 mL	50 mL
RxnS-5	5 mL	50 mL
RxnS-0.5	0.5 mL	50 mL

2.3. CARACTERIZACIONES

Con el propósito de evaluar el comportamiento de los productos de reacción, los productos de reacción fueron caracterizados mediante espectroscopía ultravioleta-visible (UV-Vis) y microscopía electrónica de barrido de emission de campo (FE-SEM).

Para el análisis por UV-Vis se utilizó hexano como disolvente de las muestras y de la referencia. Para la referencia, se preparó una disolución utilizando 100 μL de aceite de oliva en 3 mL de hexano. Cada muestra se colocó posteriormente en una celda de cuarzo y se realizó el barrido espectroscópico en un intervalo de 200 a 800 nm, empleando las fuentes de radiación correspondientes al intervalo de análisis. El estudio fue realizado en un espectrofotómetro ultravioleta-visible Lambda 25 de Perkin Elmer.

La caracterización morfológica se realizó en un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo (FE-SEM), modelo MIRA 3 de la marca Tescan. Previo al análisis, las muestras fueron encapsuladas en películas delgadas utilizando un polímero termoplástico (Elvax 40w®). Para ello, el polímero fue disuelto en diclorometano, en el cual se adicionaron los productos de reacción. Una vez que el disolvente fue evaporado

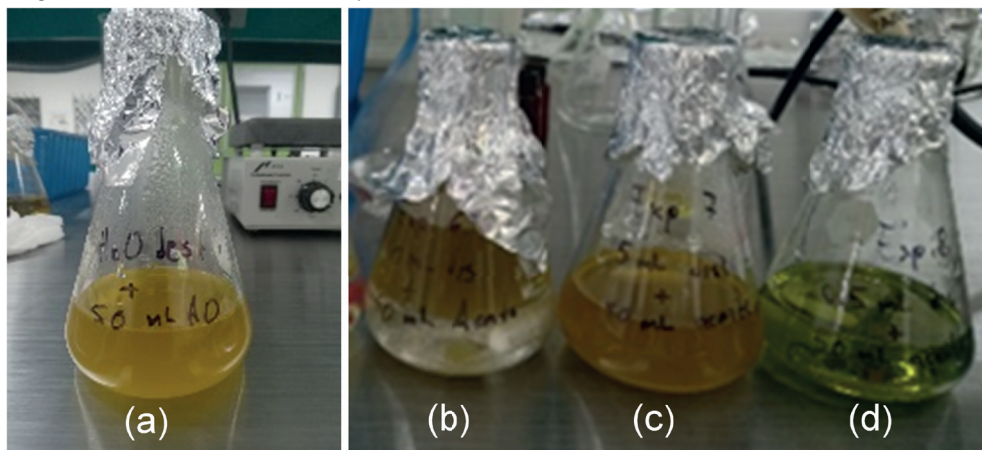
y se formaron las películas, estas fueron fracturadas usando nitrógeno líquido. Las zonas fracturadas fueron posteriormente cubiertas con una capa ultradelgada de oro, con la intención de volverlas conductoras y con ello, permitir el análisis mediante FE-SEM. El comportamiento morfológico de los productos de reacción fue determinado a 8 kV, con una distancia de trabajo de aproximadamente 9 mm y usando un detector de electrones secundarios.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CAMBIOS FÍSICOS DURANTE LA SÍNTESIS

Como efecto de la reacción entre la sal precursora de zinc y el aceite de oliva se observaron cambios visibles en la coloración y consistencia de las mezclas. El aceite de oliva mezclado solo con agua destilada, utilizado como blanco o referencia, mostró una tonalidad amarilla, tal como se observa en la Figura 1(a), mientras que las reacciones a diferentes condiciones de reacción mostraron cambios en la tonalidad con una tendencia al color verde. Los cambios de tonalidad más evidentes se observaron en los experimentos con una mayor proporción de aceite de oliva, particularmente en las condiciones RxnAS-50, RxnS-5 y RxnS-05 mostradas en la Figura 1.

Figura 1. Cambios de coloración de los productos de reacción. (a) Blanco, (b) RxnS-50 (c) RxnS-5 (d) RxnS-05.

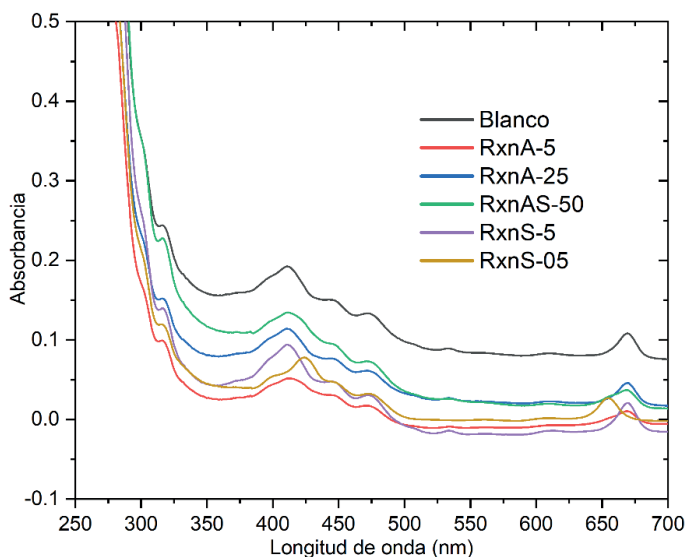


3.2. CARACTERIZACIÓN ESPECTROSCÓPICA

Los resultados de los productos de reacción obtenidos mediante espectroscopía UV-Vis mostraron solo ligeras variaciones en las señales de absorción en comparación con el blanco (aceite de oliva) (Figura 2). Sin embargo, con la muestra RxnS-05 el cambio

en las señales de absorción fue más evidente. Esta muestra consistió en bajo contenido de sal precursora y alto contenido de aceite de oliva. Como consecuencia, se esperaba un comportamiento similar a la muestra blanco o control. Contrariamente, el resultado fue diferente. Los picos de absorción alrededor de 400 y 675 nm, los cuales son representativos del aceite de oliva fueron desplazados. La primera señal fue desplazada a una mayor longitud de onda. Contrariamente, la segunda señal fue desplazada a una menor longitud. Debido a estos cambios de absorción en la zona de irradiación visible, el color del producto de reacción cambió, tal como se muestra en la Figura 1(d), de amarillo a verde. El efecto podría adjudicarse a desplazamientos electrónicos internos de los grupos químicos presentes en el aceite de oliva. El compuesto natural está constituido de diversos compuestos, entre ellos, fenoles cuya estructura consiste en grupos aromáticos, otros dobles enlaces conjugados y grupos carbonilos (Servili et al.; 2014). Como consecuencia, dependiendo de las condiciones de reacción y de los contenidos de sal precursora y los grupos fenoles, podrían existir interacciones químicas que se manifiestan a través de la absorción y emisión de luz visible (cambio de color) y con la formación de nanopartículas de óxido de zinc.

Figura 2. Espectros de absorción por UV-Vis de las reacciones.



3.3. COMPORTAMIENTO MORFOLÓGICO

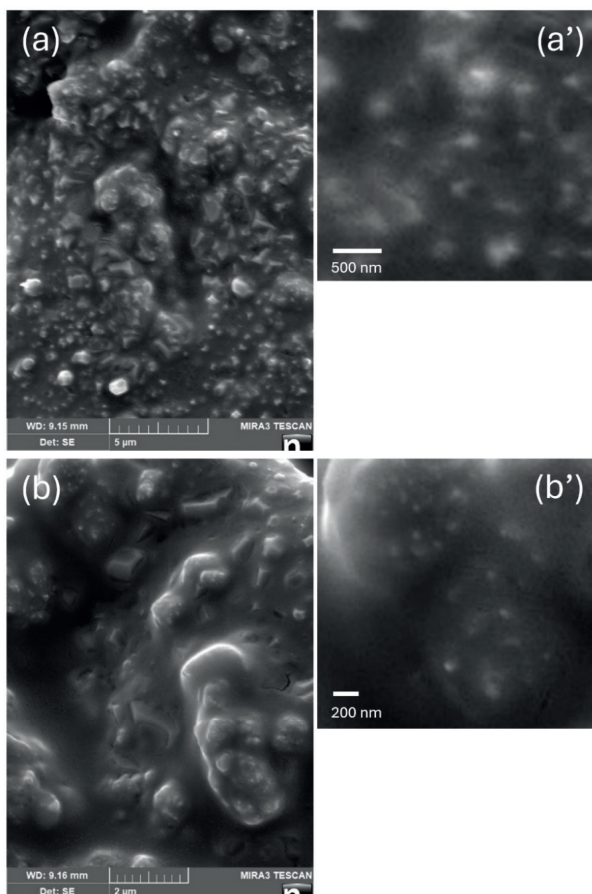
En la Figura 3 se muestra el resultado de la caracterización mediante microscopía electrónica de barrido con emisión de campo (FE-SEM) del producto de reacción denominado RxnA-25, correspondiente a 50 mL de la disolución de la sal precursora

y 25 mL de aceite de oliva. En las micrografías es posible observar conformaciones estructurales de diferente tamaño con una morfología heterogénea soportadas en el polímero usado como plantilla. Las imágenes aumentadas del lado derecho muestran partículas de dimensiones inferiores a 100 nm (ver Figuras a' y b').

La morfología heterogénea obtenida implica que el proceso de síntesis continúa en evolución, es decir, los parámetros de síntesis tales como relación sal precursora/ agente reductor, temperatura, tiempo de reacción y agitación permitieron obtener nanopartículas del óxido metálico, pero no se alcanzó un control en el tamaño y forma del producto. Esto indica que las variables de síntesis juegan un papel fundamental en el desarrollo de la nucleación y el control en el crecimiento de las nanopartículas para obtener tamaños uniformes y formas definidas. Se han reportado diversas morfologías y tamaños para la generación de nanopartículas de ZnO por métodos verdes. Generalmente, la morfología y tamaño es dependiente del método y las variables de síntesis, así como del procesamiento o tratamiento posterior a la síntesis (Agarwal et al.; 2017). El método de síntesis biogénica para producir nanopartículas y óxidos metálicos ha sido favorablemente conveniente, debido a la formación rápida, simple, económica y respetuosa con el medio ambiente. Aunque, debido a la presencia de diversos grupos químicos presentes en los compuestos naturales, controlar la morfología y el tamaño de las nanopartículas no es tan fácil. Por lo tanto, para cada par sal precursora/compuesto natural se investigan los parámetros de síntesis que puedan, inicialmente, generar la formación de las nanopartículas y posteriormente, alcanzar un control sobre el tamaño y forma.

El aceite de oliva virgen extra contiene diversos compuestos bioactivos tales como los fenoles. Por lo general, el aceite de oliva virgen extra ha sido estudiado debido a sus propiedades benéficas para la salud humana. Por ejemplo, Servili et al., (2014) reportaron una revisión sobre el contenido y comportamiento de fenoles en aceite de oliva virgen extra y su actividad biológica, principalmente su actividad antioxidante. Por lo tanto, posiblemente, los compuestos fenólicos del aceite de oliva virgen extra sean los encargados del fenómeno de reducción de la sal precursora a nanopartículas de óxido de zinc, mientras que los demás compuestos naturales contenidos en el aceite de oliva podrían estar interfiriendo en la estabilización de las nanopartículas generadas. Es decir, podrían favorecer para estabilizar la forma y el tamaño o contrariamente, impedir la formación de una morfología definida. De manera general, es necesario una mayor profundidad en el estudio, explorando diversas variables de síntesis para controlar el tamaño y forma de las nanopartículas obtenidas y establecer algún mecanismo de interacción entre los compuestos naturales del aceite de oliva virgen extra y el precursor metálico.

Figura 3. Micrografías tomadas por FE-SEM del producto de reacción RxnA-25 a: (a) 10,000x, (b) 20,000x. El lado derecho muestra imágenes aumentadas de las micrografías, con su escala en nanómetros para hacer notar a las nanoestructuras formadas.



4. CONCLUSIONES

El presente estudio consistió en una exploración de una metodología simple, económica y respetuosa con el medio ambiente (síntesis verde) para generar nanopartículas de óxido de zinc (ZnO) usando aceite de oliva extra virgen como recurso de origen natural y condiciones suaves de síntesis (relativa baja temperatura). Durante el proceso de reacción se observaron cambios de color que evidenciaron la reacción química. Mediante microscopía electrónica se comprobó la formación de una morfología heterogénea, donde algunas estructuras tienen dimensiones inferiores a 100 nm.

En conjunto, los resultados obtenidos respaldan la viabilidad de emplear aceite de oliva como componente de origen natural en la síntesis de nanopartículas de ZnO mediante una metodología relativamente sencilla. No obstante, la heterogeneidad

observada en las partículas evidencia que aún es necesario optimizar las condiciones de reacción para lograr un mayor control sobre su tamaño, distribución y morfología.

Los resultados constituyen una base experimental para continuar con el desarrollo de esta estrategia de síntesis biogénica, aprovechando los compuestos bioactivos y con carácter reductor del aceite de oliva virgen extra. La profundidad en los estudios permitirá alcanzar una morfología y tamaños de nanopartículas definidos para dirigirlos hacia estudios de actividad biológica, particularmente la capacidad antimicrobiana. Con el fin de crear en futuras aplicaciones materiales destinados al tratamiento de heridas y quemaduras. Es decir, aprovechar las características concomitantes antimicrobianas del ZnO y bioactivas del aceite de oliva virgen extra.

REFERENCIAS

AGARWAL, H.; KUMAR, S.V.; RAJESHKUMAR, S. A Review on Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles – an Eco-friendly Approach. **Resources-Efficient Technologies**, v.3, p.406-4013, 2017. DOI: 10.1016/j.reffit.2017.03.002.

ALYAMANI, A.A.; ALBUKHATY, S.; ALOUFI, S.; ALMALKI, F.A.; AL-KARAGOLY, H.; SULAIMAN, G.M. Green Fabrication of Zinc Oxide Nanoparticles Using Phlomis Leaf Extract: Characterization and In Vitro Evaluation of Cytotoxicity and Antibacterial Properties. **Molecules**, v.26, n.20, p.6140, 2021. DOI: 10.3390/molecules26206140.

EL-SAADONY, M.T.; FANG, G.; YAN, S.; ALKAFAS, S.S.; EL NASHARTY, M.A.; KHEDR, S.A.; HUSSIEN, A.M.; GHOSH, S.; DLADLA, M.; ELKAFAS, S. S.; IBRAHIM, E.H.; SALEM, H.M.; MOSA, W.F.A.; AHMED, A.E.; MOHAMMED, D.M.; KORMA, S.A.; EL-TARABILY, M.K.; SAAD, A.M.; EL-TARABILY, K.A.; ABUQAMAR, S.F. Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles: Preparation, Characterization, and Biomedical Applications – A Review. **International Journal of Nanomedicine**, v.19, p.12889-12937, 2024. DOI: 10.2147/IJN.S487188.

LUQUE-MORALES, P.A.; LOPEZ-PERAZA, A.; NAVA-OLIVAS, O.J.; AMAYA-PARRA, G.; BAEZ-LOPEZ, Y.A.; OROZCO-CARMONA, V.M.; GARRAFA-GALVEZ, H.E.; CHINCHILLAS-CHINCHILLAS, M.J. ZnO Semiconductor Nanoparticles and Their Application in Photocatalytic Degradation of Various Organic Dyes. **Materials**, v. 14, p. 7537, 2021. DOI: 10.3390/ma14247537.

HE, W.; JIA, H.; CAI, J.; HAN X.; ZHENG, Z.; WAMER, W.G.; YIN, J. Production of Reactive Oxygen Species and Electrons from Photoexcited ZnO and ZnS Nanoparticles: A Comparative Study for Unraveling their Distinct Photocatalytic Activities. **The Journal of Physical Chemistry C**, v.120, p. 3187-3195. DOI: 10.1021/acs.jpcc.5b11456.

RAMÍREZ-HERNÁNDEZ, M.J.; VALERA-ZARAGOZA, M.; VIÑAS-BRAVO, O.; HUERTA-HEREDIA, A.A.; PEÑA-RICO, M.A.; JUAREZ-ARELLANO, E.A.; PANIAGUA-VEGA, D.; RAMÍREZ-VARGAS, E.; SÁNCHEZ-VALDES, S. In Search of Cytotoxic Selectivity on Cancer Cells with Biogenically Synthesized Ag/AgCl Nanoparticles. **Beilstein Journal of Nanotechnology**, v.13, p.1505-1519, 2022. DOI: 10.3762/bjnano.13.124.

SALIANI, M.; JALAL, R.; GOHARSHADI, E.K. Mechanism of Oxidative Stress Involved in the Toxicity of ZnO Nanoparticles Against Eukaryotic Cells. **Nanomedicine Journal**, v.3. p. 1-14. DOI: 10.7508/nmj.2016.01.001.

SERVILI, M.; SORDINI, B.; ESPOSTO, S.; URBANI, S.; VENEZIANI, G.; DI BATTISTA, G. Biological Activities of Phenolic Compounds of Extra Virgin Olive Oil. **Antioxidants**, v.3, n.1, p.1-23, 2014. DOI: 10.3390/antiox3010001.

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

