

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 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 8

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

Data de submissão: 21/08/2026

Data de aceite: 10/09/2026

Nancy C. Pacheco Castillo

Instituto de Física
Universidad Autónoma de
San Luis Potosí, S.L.P.
Av. Parque Chapultepec No. 1570
Col. Privadas del Pedregal. C.P. 78295
San Luis Potosí, S.L.P., México
<https://orcid.org/0009-0009-8847-0050>

Dalila del Socorro Contreras Briones

Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de
San Luis Potosí, S.L.P.
Av. Dr. Manuel Nava No. 6
Zona Universitaria. C.P. 78210
San Luis Potosí, S.L.P., México
<https://orcid.org/0000-0003-3260-5947>

Adriana Rodríguez Pérez

Universidad Autónoma de
San Luis Potosí
Centro de Investigación y
Extensión de la Zona Media
El Balandran. Calle Escontría No. 230
Barrio 3, C.P. 79660
Cd. Fernández, San Luis Potosí, México
<https://orcid.org/0000-0002-6570-6579>

Juan Fernando Cárdenas González

Universidad Autónoma de
San Luis Potosí
Centro de Investigación y
Extensión de la Zona Media
El Balandran. Calle Escontría No. 230
Barrio 3, C.P. 79660
Cd. Fernández, San Luis Potosí, México
<https://orcid.org/0000-0002-3502-5959>

Víctor Manuel Martínez Juárez

Área Académica de Medicina
Veterinaria y Zootecnia
Instituto de Ciencias Agropecuarias
Universidad Autónoma del
Estado de Hidalgo
Avenida Universidad Km. 1 s/n
Exhacienda Aquetzalpa, 43600
Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México
<https://orcid.org/0000-0002-7426-6835>

Ismael Acosta Rodríguez

Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de
San Luis Potosí, S.L.P.
Av. Dr. Manuel Nava No. 6
Zona Universitaria. C.P. 78210
San Luis Potosí, S.L.P. México
<https://orcid.org/0000-0001-8620-2727>

RESUMEN: Recientemente, se han utilizado microorganismos y materiales de bajo costo, como: residuos industriales, agrícolas ó

urbanos para la adsorción y/o recuperación de metales pesados de efluentes industriales contaminados, entre los que se encuentran cáscaras y semillas de diferentes frutos, con resultados satisfactorios, por lo que el objetivo de este trabajo, fue analizar la remoción y/o reducción de Cromo (VI), por diferentes biomásas naturales (Naranja, Tamarindo, Mandarina, Litchi, Limón, Mamey y Melón) determinando la concentración de Cr (VI) en solución, por el método colorimétrico de la Difenilcarbazida, el Cr (III) por Cromazurol S y el Cr total por Espectrofotometría de Absorción Atómica, encontrando que todas las biomásas analizadas remueven eficientemente 1 g del metal a un pH de 1.0 y 60°C, además eliminan el metal de tierra contaminada con 297 mg de cromo (VI)/g tierra, y éste se puede desorber de la biomasa lo cual representa otra gran ventaja para su utilización.

PALABRAS CLAVE: cromo (VI); eliminación; biomásas naturales; contaminación; biorremediación.

REMOVAL OF HEXVALENT CHROMIUM [CR(VI)] FROM AQUEOUS SOLUTION USING DIFFERENT NATURAL BIOMASSES

ABSTRACT: Recently, microorganisms and low-cost materials – such as industrial, agricultural, or urban waste (including fruit peels and seeds) – have been used to adsorb and/or recover heavy metals from contaminated industrial effluents with satisfactory results. Therefore, the objective of this study was to analyze the removal and/or reduction of Chromium (VI) using different natural biomasses (orange, tamarind, mandarin, lychee, lemon, mamey, and melon). Chromium (VI) concentrations in solution were determined using the diphenylcarbazide colorimetric method, Chromium (III) using Chromazurol S, and total Chromium via atomic absorption spectrophotometry. The results showed that all analyzed biomasses efficiently removed 1 g of the metal at pH 1.0 and 60°C, and also removal the metal from soil contaminated with 297 mg of Cr(VI)/ gram of soil; furthermore, the metal could be desorbed from the biomass, representing another significant advantage for its application.

KEYWORDS: chromium (VI); elimination; biomasses; natural; contamination; biorremediatoón.

1. INTRODUCCIÓN

El cromo es un elemento esencial para hombres y animales, aunque niveles elevados de este metal (15 mg en agua de ríos y 0.10 mg /L en agua potable) resultan tóxicos en los seres vivos. Particularmente, el Cromo (VI) tiene efectos carcinogénicos en animales y mutagénicos en humanos y bacterias. En las aguas residuales, este metal se encuentra en solución como CrO_4^{2-} , el cual puede eliminarse por reducción, precipitación química, adsorción e intercambio iónico. El proceso más utilizado es la adición de un agente reductor que convierta el Cromo (VI) a Cromo (III), y posteriormente se le precipita con soluciones básicas a $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Recientemente, se ha analizado el uso de metodologías alternativas para la adsorción y absorción de metales pesados, así como la reducción de

Cromo (VI) a Cromo (III) por algunos microorganismos, como: *Pseudomonas* sp. (Maclean et al. 2001), *Pseudomonas putida* (Park et al., 2000), *Acidithiobacillus ferrooxidans* (Allegretti et al., 2006), *Arthrobacter rhombi* (Elangovan et al., 2009), *Candida maltosa* (Ramírez-Ramírez et al., 2004), *Penicillium* sp. y *Aspergillus* sp. (Acevedo et al., 2006), que son bacterias, levaduras y hongos, así como la bioadsorción del mismo por biomásas fúngicas como: *Cryptococcus neoformans* y *Helminthosporium* sp. (Acosta et al., 2004), *Aspergillus niger* (Park et al., 2005), *Rhizopus arrhizus* (Sag et al. 2002) *Mucor hiemalis* (Tewari et al., 2005), *Aspergillus niger* (Khambhaty et al., 2009), *Paecilomyces* sp (Acosta et al., 2010) y diferentes especies de *Penicillium* (Acosta et al., 2024).

Se han utilizado materiales de bajo costo, como residuos industriales agrícolas o urbanos para la adsorción y/o recuperación de metales pesados de efluentes industriales contaminados, entre los que se encuentran las biomásas de: cáscara y semillas de Manzana, (Sarin et al., 2006), cáscaras de Avellana (Cimino et al., 2000), Naranja (Pérez et al., 2007), Tamarindo (Popuri et al., 2007; Acosta et al., 2010), caña azúcar (*Saccharum officinarum*) (Aranda-González et al., 2024) y de cacahuete (*Arachys hypogaea*) (Rodríguez-Pérez et al., 2025). Además, se ha reportado que algunas de estas biomásas pueden reducir el Cromo (VI) a cromo (III), como la biomasa de Kombucha (hongo del Te) (Razmovski et al., 2008), Mezquite (Aldrich et al., 2003), corteza de Eucalipto (Sarin et al., 2006), bauxita calcinada (Baral, et al., 2007), residuos de rosas rojas (Shafqat, et al., 2008), corteza de Yohimbina (Fiol et al., 2008), cáscara de Litchi (Martínez et al., 2010). Por lo anterior, es de gran interés analizar otros materiales de fácil obtención para tratar de eliminar y/o reducir el metal de aguas y suelos contaminados con el mismo metal. El objetivo de este trabajo fue determinar la remoción de Cromo (VI) en solución acuosa por las biomásas de las cáscaras de Limón, Naranja, Mandarina, Melón, Litchi, Tamarindo y Mamey.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. OBTENCIÓN DE LAS BIOMASAS CELULARES

Para la obtención de las biomasa, las cáscaras (obtenidas a partir de los frutos recolectados entre los meses de junio-septiembre de 2025, del mercado República de la ciudad capital), se cortan en piezas pequeñas, lavando exhaustivamente con agua tridesionizada, para remover el polvo y los componentes adheridos, se secaron a 60°C/24 h y se molieron hasta la obtención de un polvo fino, utilizando diferentes concentraciones de estas biomásas estériles, para los estudios descritos a continuación.

2.2. ESTUDIOS DE REMOCIÓN

Para los estudios de remoción y reducción, se trabajó con 100 mL de una solución de 100 mg/L de Cr (VI) obtenida por dilución de una solución patrón de 1.0 g/L preparada en agua tridesionizada a partir de $K_2Cr_2O_7$. Se ajustó el pH de la dilución a analizar con H_2SO_4 1 M y/o NaOH 1 M, antes de adicionarla a la biomasa celular. Se mezcló 1.0 g de las diferentes cáscaras a analizar (previamente esterilizada a 15 libras y 120°C, en matraces Erlenmeyer de 250 mL), con 100 mL de una solución de diferentes concentraciones del metal, incubando con agitación constante a 100 rpm a 28°C, tomando a diferentes tiempos y en condiciones estériles, alícuotas de 5 mL cada una, las cuales se centrifugaron a 3000 rpm (5 min), y al sobrenadante respectivo se le determinó la concentración de Cr (VI) en solución, utilizando el método colorimétrico de la Difenilcarbazida (desarrollo de coloración rosa violeta, el Cr (III) por el del Cromazurol S y el Cr total por Espectrofotometría de Absorción Atómica. Todos los experimentos se realizaron por triplicado.

2.3. BIORREMEDIACIÓN

En 14 matraces Erlenmeyer de 250 mL fueron colocados 5 g de las siguientes biomásas de cáscara de Tamarindo, Naranja, Litchii, Mandarina, Mamey, Melón y Limón, respectivamente, después se les agregaron 20 g de tierra contaminada con aproximadamente 297 mg Cr (VI)/g de tierra, obtenida de una tina de lavado de una cromadora de Celaya, Gto., y fueron aforados con agua tridesionizada a volumen final de 100 mL. La mezcla de tierra contaminada y las diferentes biomásas se incubaron a 28°C con agitación constante (100 rpm), y cada 24 h, se tomaron alícuotas de 5.0 mL, determinándoles la concentración de Cr (VI) en el sobrenadante.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las biomásas analizadas remueven eficientemente el Cromo VI a pH=1.0 y 28°C, siendo la más eficaz la cascara de Litchi, pues a los 5 min remueve el 100% del metal, seguida de la de Mamey y Tamarindo (25 y 30 min, respectivamente) (Figura 1). Con respecto a la temperatura, la mayor remoción a 60 °C fue con la cascara de Litchii, pues elimina 1.0 g/L de Cr VI a los 35 minutos (Figura 2), mientras que a 28°C, lo elimina a los 90 minutos (Figura 3). Además, todas las biomásas estudiadas reducen el metal en solución, con gran eficiencia a diferentes tiempos de incubación (Figura 4). Por otro lado, todas las biomásas remueven y reducen el metal a partir de tierra contaminada con 297 mg/g de tierra, en porcentajes del 92 al 100% (Figura 5). Finalmente las biomásas son capaces de desorber el metal al cambiar el pH (Figura 6).

Figura 1.- Remoción de Cr VI por diferentes biomasa utilizando 1 g de biomasa con una solución de 50 mg/L Cr VI a 100 rpm. pH 1.0. 28°C.

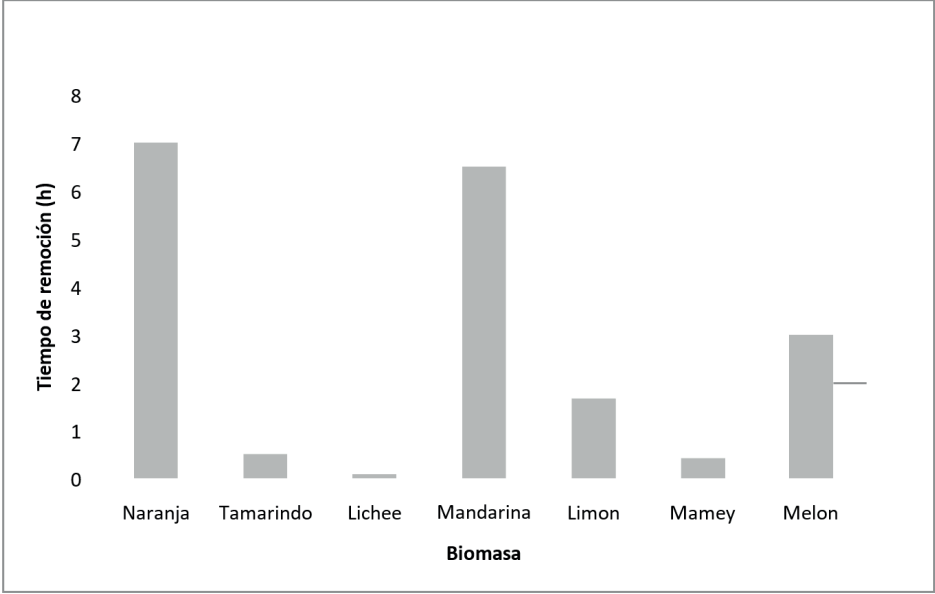


Figura 2.- Remoción de 1 g/L de Cr VI por diferentes biomasa a 60°C, pH=1 a 100 rpm utilizando 1 g de biomasa.

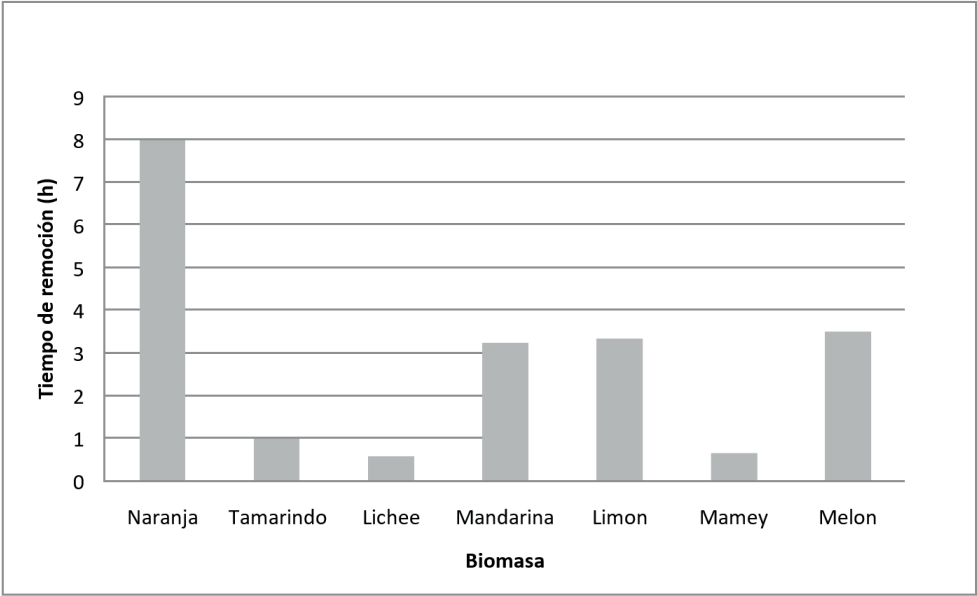


Figura 3.- Remoción de 1 g/L de Cr VI por diferentes biomazas a 28°C, pH=1 a 100 rpm utilizando 1 g de biomasa.

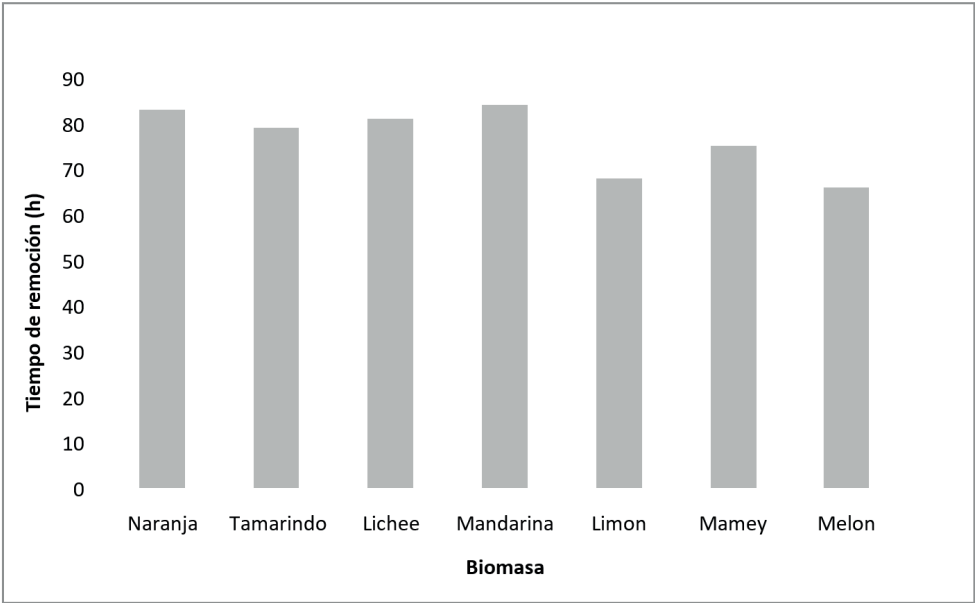


Figura 4.- Reducción de 1 g/L de Cr VI por diferentes biomazas 28°C, pH=1 utilizando 1 g de biomasa a 100 rpm.

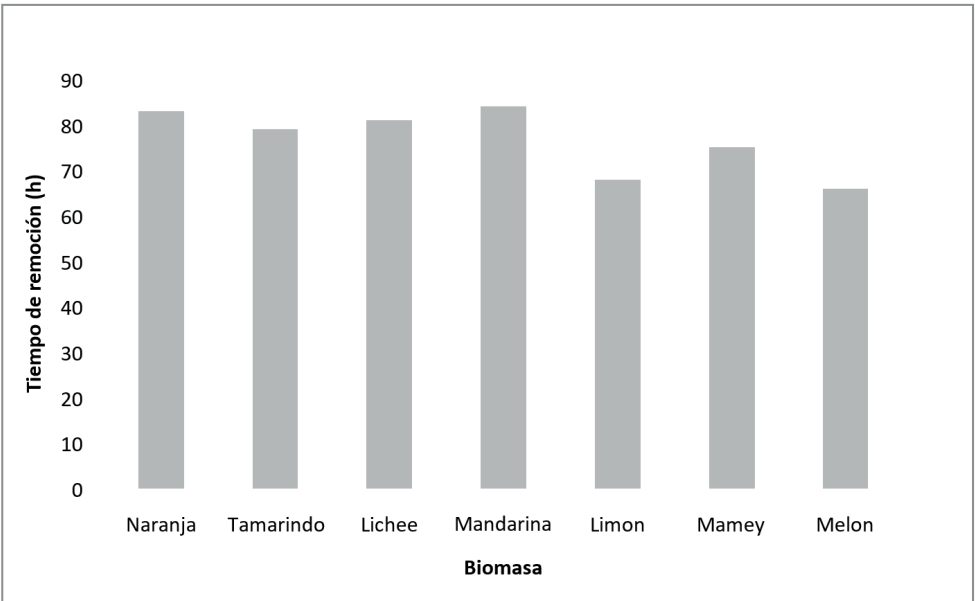


Figura 5.-Bioremediación de tierra contaminada con 297 mg/g de Cr VI/ g de tierra. 28°C. 100 rpm. 20 g de tierra contaminada. 5 g de biomasa. 6 días de incubación.

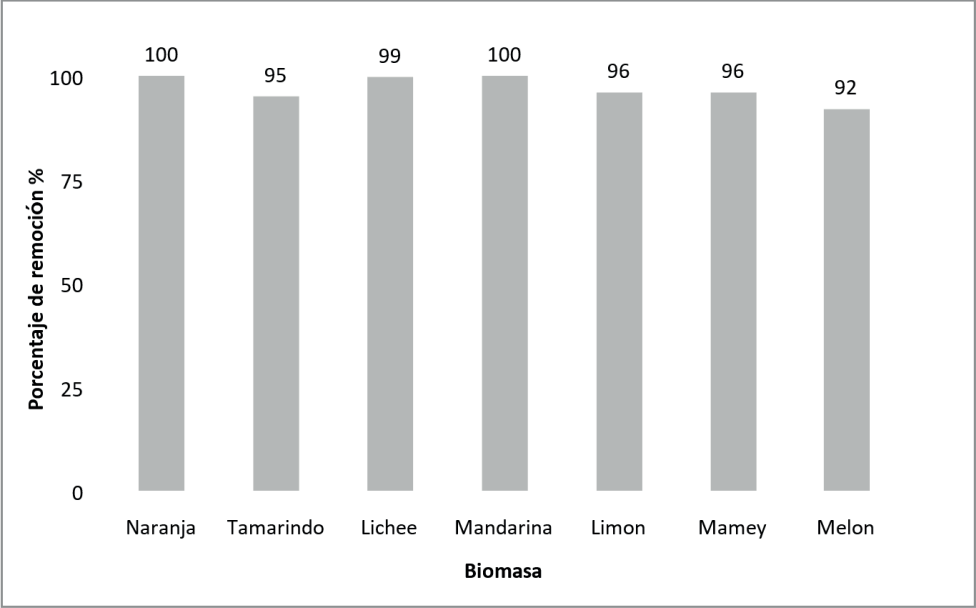
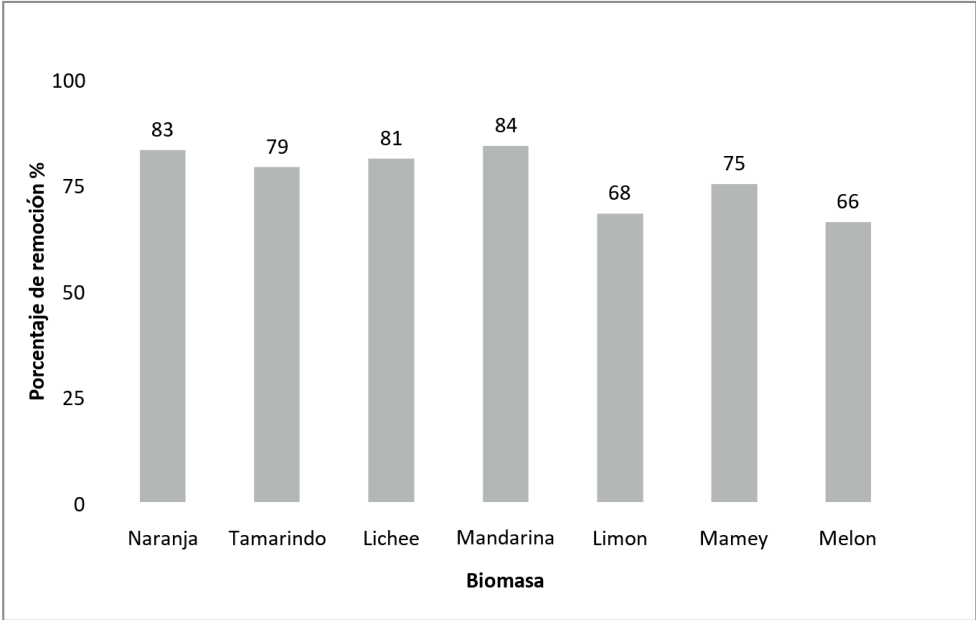


Figura 6.- Desorción de 250 mg/L de Cr VI durante 7 días de incubación utilizando NaOH 1 N a 28°C y 1g de biomasa a 100 rpm.



4. CONCLUSIONES

Las biomásas de las diferentes cáscaras analizadas, remueven eficientemente el Cromo (VI) en solución, por lo que pueden utilizarse para eliminar el metal presente en sitios contaminados como aguas residuales industriales, pues presentan una mayor capacidad a otras biomásas reportadas en la literatura. La aplicación de estas tecnologías para la remoción de metales pesados en solución, así como para la purificación de aguas residuales presenta un gran potencial, pues las biomásas son naturales, se pueden obtener en grandes cantidades, son económicas, y pueden remover selectivamente diferentes iones metálicos de soluciones acuosas (Kratochvil y Volesky, 1998).

REFERENCIAS

- Acevedo-Aguilar, F., Espino-Saldaña, A. A., León-Rodríguez, I., Rivera-Cano, M. E., Ávila-Rodríguez, M., Wrobel, K., Lappe, P., Ulloa, M., and Gutierrez-Corona, J.F. 2006. Hexavalent chromium removal in Vitro and from industrial wastes, using chromate resistant strains of filamentous fungi indigenous to contaminated wastes. *Can. J. Microbiol.* 52 (9): 809-815.
- Acosta, I., Cárdenas, J.F., Alvarado-Hernández, D. y Moctezuma-Zárate, M.G. 2008. Remoción de cromo (VI) en solución acuosa por la biomasa celular de *Paecilomyces* sp. *Rev. Inf. Tecnol.* 19 (1):69-74.
- Acosta, I., Rodríguez, A., Cárdenas, J.F., Martínez, V.M., Torre, M.E. 2024. Cadmium Removal from Aqueous Solutions Using Different Biosorbents. In: Jha, A.K., Kumar, N. (eds) *Cadmium Toxicity in Water*. Springer Water. Springer, Cham. Print ISBN978-3-031-54004-2, Online ISBN: 978-3-031-54005-9. Chapter 8, pp. 175-192. https://doi.org/10.1007/978-3-031-54005-9_8. 26 de abril. 2024.
- Agarwal, G.S., Kumar, H., and Chaudari, S. 2006. Biosorption of aqueous chromium (VI) by *Tamarindus indica* seeds. *Biores. Technol.* 97: 949-956.
- Aranda González, D.C., Hernández Terán, A.C., Rodríguez Pérez, A., Cárdenas González, J.F., Acosta Rodríguez, I. 2024. El uso de la biomasa de la cáscara de caña azúcar (*Saccharum officinarum*) para la eliminación de Cromo (VI) en solución acuosa. En: *Ingenierías en Perspectiva; Ciencia, Tecnología e Innovación 3*. Atena Editora. Organizadores: Mariana Natale Fiobelli Fabiche y Joao Henrique de Freitas. Cap. 1. 1-10. DOI:<https://doi.org/1022533/at.ed>.
- Bai RS and Abraham TE. 2001. Biosorption of Cr (VI) from aqueous solution by *Rhizopus nigricans*. *Biores. Technol.* 79: 73-81.
- Cárdenas-González, J.F. and Acosta-Rodríguez, I. 2010. Hexavalent chromium removal by a *Paecilomyces* sp. fungal strain isolated from environment. *Bioinor. Chem. Appl.* 2010: 1-6.
- Cervantes, C., Campos-García, J., Devars, S., Gutierrez-Corona, F., Lozano-Talavera, H., Torres-Guzmán, J.C., and Moreno-Sánchez, R. 2001. Interactions of chromium with microorganisms and plants. *FEMS Microbiol. Rev.* 25: 333-347.
- Cimino, G., Passerin, A., and Toscano, G. 2000. Removal of toxic cations and Cr (VI) from aqueous solution by hazelnut shell. *Wat. Res.* 34 (11): 2955-2962.
- Cotton, F.A. and Wilkinson, G. 1980. *Advanced Inorganic Chemistry*: 4a Ed. Chichester, U.K.; John Wiley & Sons. pp. 376-379.

- Dakiki, M., Khamis, M., Manassra, A., and Mereb, M. 2002. Selective adsorption of chromium (VI) in industrial wastewater using low cost abundantly adsorbents. *Adv. Environ. Res.* 6: 533-540.
- Elangovan, R., Ligy, P. and Chandraraj, K. 2010. Hexavalent chromium reduction by free and immobilized cell-free extract of *Arthrobacter rhombi*-RE. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 160,1 81-97.
- Guillen-Jiménez, F.M., Morales-Barrera, L., Morales-Jiménez, J., Hernández-Rodríguez, C.H. and Cristiani-Urbina, E. 2008. Modulation of tolerance to Cr (VI) and Cr (VI) reduction by sulfate ion in a *Candida* yeast strain isolated from tannery wastewater. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 35: 1277- 1287.
- Greenberg, A.E., Clesceri, L.S. and Eaton, A.D. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18^a ed. American Public Health Association, Washington, D.C. 3.58-3.60.
- Huang, C.P. and Wu, M.H. 1977. The removal chromium (VI) from dilute aqueous solution by activated carbon. *Wat. Res.* 11: 673-679.
- Ilham, S., Nourbakhsh, M.N., Kilicarslan, S. and Ozdag, H. 2004. Removal of chromium, lead and copper ions from industrial waste waters by *Staphylococcus saprophyticus*. *Turk. Electron. J. Biotechnol.* 2: 50-57.
- Jeyasingh, J. and Philip, L. 2005. Bioremediation of chromium contaminated soil: optimization of operating parameters under laboratory conditions. *J. Hazard. Mater.* 118(1-3): 113-120.
- Khambhaty, Y., Mody, K., Basha, S. & Jha, B. 2009. Kinetics equilibrium and thermodynamic studies on biosorption of hexavalent chromium by dead fungal biomass of marine *Aspergillus niger*. *Chem. Eng. J.* 145: 489-495.
- Rodríguez Pérez, A., Cárdenas González, J.F., Martínez Juárez, V.M., Contreras Briones, D.S., Martínez Rodríguez, C.M., Acosta Rodríguez, I. 2025. Eliminación de Cromo (VI) de aguas contaminadas por la biomasa de la cascara de cacahuete (*Arachys hypogaea*). En: Estudos em biociências e biotecnologia [livro eletrônico]: desafios, avanços e possibilidades V/Organizador Manuel Simões. – Curitiba, PR: Artemis. Cap. 5, 47-53. https://doi.org/10.37572/EdArt_0812_257_345. 09/12/2025.

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

