

Estudos em Ciências Exatas e da Terra

Desafios, Avanços e Possibilidades

Alireza Mohebi Ashtiani
(organizador)

VOL III



EDITORA
ARTEMIS
2025

Estudos em Ciências Exatas e da Terra

Desafios, Avanços e Possibilidades

Alireza Mohebi Ashtiani
(organizador)

VOL III

 EDITORA
ARTEMIS
2025



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
Organizador	Prof. Dr. Alireza Mohebi Ashtiani
Imagem da Capa	Abstract Style Landscapes /123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Dr. Cristo Ernesto Yáñez León – New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ, Estados Unidos
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
Prof.^a Dr.^a Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil
Prof.^a Dr.^a Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México
Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil
Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México

Prof.^a Dr.^a Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, 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 Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México
 Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*
 Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*
 Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*
 Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
 Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
 Prof. Dr. 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 Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*
 Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
 Prof.^a Dr.^a Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
 Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
 Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
 Prof.^a Dr.^a Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*
 Prof.^a Dr.^a Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
 Prof.^a Dr.^a María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
 Prof.^a Dr.^a Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
 Prof.^a Dr.^a Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*
 Prof.^a Dr.^a Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal

Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
 Prof.ª Dr.ª MªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
 Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara, México*
 Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba*
 Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
 Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, Universidad del País 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 Exatas e da Terra: Desafios, Avanços e Possibilidades III / Organizador Alireza Mohebi Ashtiani. – Curitiba, PR: Artemis, 2025.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-81701-75-8

DOI 10.37572/EdArt_101225758

1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Ashtiani, Alireza Mohebi.

CDD 509

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PRÓLOGO

O volume III de **Estudos em Ciências Exatas e da Terra: Desafios, Avanços e Possibilidades** reúne um conjunto plural de pesquisas que refletem a vitalidade, a complexidade e o caráter interdisciplinar das ciências contemporâneas. Os dez capítulos aqui apresentados, provenientes de diversos países e contextos institucionais, oferecem um panorama abrangente dos desafios científicos atuais e das soluções inovadoras que emergem do diálogo entre matemática, física, química, engenharia, geociências, sustentabilidade ambiental e desenvolvimento territorial, reafirmando a amplitude teórica e aplicada dessas áreas.

Para favorecer a leitura e destacar as afinidades conceituais entre os temas, a obra foi organizada em três eixos temáticos que evidenciam os diferentes modos pelos quais o conhecimento científico se articula com problemas reais e necessidades sociais urgentes, propondo uma aproximação integradora e contemporânea das Ciências Exatas e da Terra.

1. Modelagem Matemática, Simulação, Processos Físicos e Engenharia Aplicada

O primeiro eixo reúne estudos orientados pela lógica da modelagem, da caracterização de materiais e da investigação de sistemas físico-químicos complexos. Aqui, a matemática desempenha um papel central, seja na descrição do crescimento populacional, na interpretação de curvas de relações molares ou na análise termoestrutural de concretos refratários usados na indústria siderúrgica. A ênfase comum está na busca por métodos rigorosos de análise, na construção de modelos interpretativos e na compreensão dos comportamentos materiais sob diferentes condições. Esses capítulos mostram como a formulação matemática e a experimentação se complementam, de forma decisiva, na explicação de fenômenos fundamentais para a ciência e a engenharia, evidenciando a potência dos métodos quantitativos na resolução de problemas complexos.

2. Sustentabilidade, Meio Ambiente, Tecnologias de Remediação e Ecodesign

O segundo eixo destaca pesquisas alinhadas aos desafios ambientais contemporâneos, trazendo propostas inovadoras para o desenvolvimento de tecnologias limpas, novos materiais sustentáveis e soluções de remediação ecológica. Os capítulos abordam desde práticas de ecodesign em produtos plásticos, passando pela criação de adsorventes de origem agroindustrial, até aplicações de biomassa vegetal para remoção de contaminantes e estratégias que ampliam o desempenho energético de sistemas fotovoltaicos, articulando ciência de materiais e preocupações ambientais. O núcleo

unificador deste eixo é o compromisso com a sustentabilidade, com a valorização de resíduos, com a mitigação de impactos ambientais e com a promoção de alternativas tecnológicas responsáveis e acessíveis que dialogam diretamente com demandas sociais emergentes.

3. Território, Geociências e Desenvolvimento Agrário-Industrial

O terceiro eixo aborda temas relacionados à organização do espaço, à história das indústrias de base e às dinâmicas socioeconômicas ligadas ao uso da terra. Os capítulos discutem a trajetória de figuras marcantes das geociências, analisam políticas e práticas de consolidação fundiária em escala nacional e refletem sobre as transformações industriais que moldam setores-chave como o agrícola e o petrolífero. Ao articular perspectivas históricas, econômicas e territoriais, este eixo evidencia como as ciências exatas e da terra também se expressam na compreensão dos processos sociais e produtivos que estruturam países e regiões, demonstrando que a pesquisa científica contribui igualmente para interpretações críticas sobre o desenvolvimento nacional.

A estrutura temática proposta pretende, portanto, facilitar a leitura e realçar o alcance multidisciplinar das pesquisas reunidas. Cada eixo demonstra, a seu modo, como o rigor científico pode contribuir para o entendimento de problemas concretos e para o desenvolvimento de soluções inovadoras, sejam elas de caráter teórico, tecnológico ou socioambiental, reforçando o papel estratégico da ciência na construção de futuros possíveis.

Esperamos que esta obra inspire pesquisadores, estudantes e profissionais a aprofundar o diálogo entre diferentes áreas do conhecimento e a reconhecer, na diversidade temática aqui apresentada, novas possibilidades de investigação e ação.

Desejo a todos uma excelente leitura!

Alireza Mohebi Ashtiani

SUMÁRIO

MODELAGEM MATEMÁTICA, SIMULAÇÃO, PROCESSOS FÍSICOS E ENGENHARIA APLICADA

CAPÍTULO 1.....1

THERMOSTRUCTURAL BEHAVIOR OF A REFRACTORY CONCRETE FOR LADLE FURNACE

Edgardo Benavidez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257581

CAPÍTULO 2.....17

HOJAS DE CÁLCULO PARA PREDECIR CURVAS DE RELACIONES MOLARES EN SISTEMAS DONDE SE FORMAN COMPLEJOS DE INCLUSIÓN ENTRE FÁRMACOS (FAR) Y CICLODEXTRINAS (CD)

Alberto Rojas-Hernández

Daniel Alejandro Ramos-Hernández

Linda Alzucena Luna-Ortega

Lucero Hernández-García

María Teresa Ramírez-Silva

Jorge Martínez-Guerra

Manuel Eduardo Palomar-Pardavé

Giaan Arturo Álvarez-Romero

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257582

CAPÍTULO 3..... 33

MODELAGEM MATEMÁTICA E SIMULAÇÃO APLICADAS À DINÂMICA DE FILAS EM SERVIÇOS

Alireza Mohebi Ashtiani

Tatielen Demarchi

Pedro Henrique Rodrigues Petrelli

Rebeca Mitiko Ito Faria

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257583

CAPÍTULO 4.....47

MATHEMATICAL METHODS IN POPULATION DYNAMICS

Alberto Gutiérrez Borda

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257584

SUSTENTABILIDADE, MEIO AMBIENTE, TECNOLOGIAS DE REMEDIAÇÃO E
ECODESIGN

CAPÍTULO 5..... 56

REMOCIÓN DE CROMO (VI) EN SOLUCIÓN ACUOSA POR LA BIOMASA DE LA
CASCARA DE SEMILLA DE GIRASOL (*Helianthus annuus*)

Pedro Pablo Zapata Hernández

Claudia M. Martínez Rodríguez

Adriana Rodríguez Pérez

Juan Fernando Cárdenas González

Víctor Manuel Martínez Juárez

Ismael Acosta Rodríguez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257585

CAPÍTULO 6.....67

DE RESIDUO AGROINDUSTRIAL A SOLUCIÓN AMBIENTAL: DISEÑO DE
ADSORBENTES CATIÓNICOS SUSTENTABLES A PARTIR DE SUBPRODUCTOS DE
LA SOJA

Malena Castagnino Schirmer

Nerina Meglio

Gonzalo Benedetti

Fernando Ariel Bertoni

Enrique David Victor Giordano

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257586

CAPÍTULO 7.....72

ENFRIAMIENTO DE PANEL FOTOVOLTAICO PARA AUMENTAR SU DESEMPEÑO
ELÉCTRICO

Vicente Flores Lara

Jorge Bedolla Hernández

Carlos Alberto Mora Santos

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257587

CAPÍTULO 8..... 81

ECODESIGN: SHAPING A SUSTAINABLE FUTURE WITH PLASTIC PRODUCTS

Ana Barroso

André Gomes

Bruno Sousa

Ângelo Marques

Rui Oliveira

Filipa Carneiro

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257588

TERRITÓRIO, GEOCIÊNCIAS E DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO-INDUSTRIAL

CAPÍTULO 9..... 98

EL DR. BRACACCINI, SU PASO POR YPF (1932-1955)

Ricardo Juan Calegari

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1012257589

CAPÍTULO 10..... 109

DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL LAND CONSOLIDATION IN RUSSIA ON THE
PLATFORM OF LAND MARKET

Alexander Sagaydak

Anna Sagaydak

 https://doi.org/10.37572/EdArt_10122575810

SOBRE O ORGANIZADOR..... 120

ÍNDICE REMISSIVO 121

CAPÍTULO 5

REMOCIÓN DE CROMO (VI) EN SOLUCIÓN ACUOSA POR LA BIOMASA DE LA CASCARA DE SEMILLA DE GIRASOL (*Helianthus annuus*)

Data de submissão: 10/11/2025

Data de aceite: 28/11/2025

Pedro Pablo Zapata Hernández

Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de
San Luis Potosí, S.L.P.
San Luis Potosí, S.L.P., México

Claudia M. Martínez Rodríguez

Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de
San Luis Potosí, S.L.P.
San Luis Potosí, S.L.P., México
<https://orcid.org/0000-0002-5335-6137>

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
<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
<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.
San Luis Potosí, S.L.P., México
<https://orcid.org/0000-0001-8620-2727>

RESUMEN: El objetivo de este trabajo fue analizar la capacidad de remoción de Cromo (VI) por la biomasa de la cáscara de semilla de girasol (*Helianthus annuus*), encontrando que 10 g de la biomasa analizada eliminan el 100% del metal a las 4 horas de incubación a pH de 1.0, 28°C, 100 mg/L de Cromo (VI), mientras que a mayores valores de pH, la remoción es menor. Además, a mayor temperatura de incubación, la remoción es más eficiente, pues a 60°C, se remueve el 100% del metal a los 90 minutos, y a diferentes concentraciones de Cromo (VI) analizadas (200-1000 mg/L), se obtuvo una remoción similar (91-96%) a 28°C, mientras que a 60°C la remoción es

total a las 2 horas, con las diferentes concentraciones del metal analizadas. A diferentes concentraciones del bioadsorbente, se observó que con 1 g de biomasa se eliminó un 55.5 % en 8 h, con 5 g de biomasa un 97.3%, en el mismo tiempo de incubación, y con 10 g de biomasa, se eliminó el 100% de cromo (VI) en solución a las 4 h. Cuando se analizó la remoción del metal a partir de tierra y agua contaminadas con Cromo (VI), se eliminó el 100% del metal a los 3 días a partir de tierra contaminada, mientras que a los 4 días se remueve el 73% del metal a partir de agua contaminada.

PALABRAS CLAVE: cromo (VI); biomasa; girasol; biorremediación; aguas residuales.

REMOVAL OF CHROMIUM (VI) FROM CONTAMINATED SOIL AND WATER USING SUNFLOWER SEED HULL BIOMASS

ABSTRACT: The objective of this work was to analyze the Chromium (VI) removal capacity of sunflower seed hull biomass (*Helianthus annuus*). It was found that 10 g of the analyzed biomass removed 100% of the metal after 4 hours of incubation at pH 1.0, 28°C, and 100 mg/L of Chromium (VI). At higher pH values, the removal was lower. Furthermore, at higher incubation temperatures, the removal was more efficient. At 60°C, 100% of the metal was removed after 90 minutes. At different Chromium (VI) concentrations (200-1000 mg/L), similar removal rates (91-96%) were obtained at 28°C, while at 60°C, complete removal was achieved after 2 hours. At different concentrations of the bioadsorbent, it was observed that 1 g of biomass removed 55.5% of the metal in 8 h, 5 g of biomass eliminate 97.3% in the same incubation time, and 10 g of biomass removal 100% of the chromium (VI) in solution after 4 h. When the removal of the metal from soil and water contaminated with chromium (VI) was analyzed, 100% of the metal was removed from contaminated soil after 3 days, while 73% of the metal was removed from water contaminated, after 4 days.

KEYWORDS: chromium (VI); biomass; sunflower; bioremediation; wastewater.

1. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados tóxicos son compuestos químicos inorgánicos que afectan al medio ambiente, causando contaminación debido a su no biodegradabilidad, acumulación en la cadena alimentaria y biomagnificación (Xie, 2024). Además, las actividades humanas como el curtido de pieles, la minería y el cromado de metales, así como algunos eventos naturales como incendios forestales y la erosión del suelo provocan la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneas con cromo (VI), lo cual puede provocar diversas afectaciones en el cuerpo humano y en la fauna acuática y terrestre, siendo la principal consecuencia la formación de células cancerígenas, debido a su alta solubilidad y permeabilidad en las membranas, lo que permite la formación de estrés oxidativo y la formación de un complejo con el ADN (Shruthi y Hemavathy, 2024), y el cromo (Cr), un metal pesado, se encuentra en los residuos de industrias como la del cuero, la cerámica, el caucho, la impresión y el teñido de textiles, y los componentes metálicos cromados (Ukhurebor, et. al., 2021). Se han

reportado diferentes estados de oxidación del cromo, siendo los más comunes el Cr(0), el Cr(III) o forma trivalente, y el Cr(VI) o forma hexavalente (Pushkar, et. al., 2021), el cual es un contaminante común de los metales pesados, y es un vertido por las industrias, que contamina tanto los suelos agrícolas como los cuerpos de agua, (Ovens, et. al., 2017). El cromo hexavalente existe en diferentes formas según su pH, en un rango de 1 a 6, la especie dominante es el ácido hidrocromico, HCrO_4^- , y cuando el pH es mayor que 7, el cromato, CrO_4^{2-} (Ukhurebor, et. al., 2021). En comparación con el Cr(III), el Cr(VI) es altamente tóxico y móvil en la naturaleza (Jiang, et. al., 2019). Tanto el Cr(III) como el Cr(VI) tienen consecuencias nocivas para los organismos vivos, como alterar la forma celular e interactuar con sustancias químicas, proteínas y ADN a través de los sistemas digestivo, respiratorio y epidérmico, lo que conduce a la destrucción de la expresión génica, respectivamente (Karthik, et. al., 2017). La USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) recomienda que el agua potable contenga solo 0,05 mg/L de cromo (Pushkar, et. al., 2021). Por lo tanto, la eliminación del cromo junto con un método eficaz y rentable resulta importante. Entre los diferentes métodos existentes para el control de metales pesados se han reportado: precipitación, óxido-reducción, intercambio iónico, filtración, tratamiento electroquímico, tecnologías de membranas y recuperación por evaporación, adsorción y bioadsorción, y algunos metales pesados que se consideran peligrosos son: plomo, cobalto, estaño, hierro, cadmio, mercurio, cromo, vanadio, entre otros (Zaynab et al., 2022).

Por otro lado, la generación de residuos agrícolas es inevitable debido al procesamiento de materias primas para la producción de alimentos. El crecimiento poblacional requiere aumentar la demanda alimenticia para subsistir, lo que provoca un incremento desmedido en la cantidad de residuos agrícolas (Aguirre de los Santo, et. al., 2025). En México, se producen más de 70 Mt de residuos agrícolas, el 79.4 % corresponde a residuos primarios (paja de cereales, residuos del procesamiento de frutas y hortalizas y residuos de cultivos), y el resto corresponde a residuos de cultivos industriales (arroz, café, tabaco y caña de azúcar). (Quintero et al., 2023). Actualmente, estos residuos forman parte del problema ambiental en México y en el mundo, por ello, se han estado buscando propuestas para darles un tratamiento para reducir su efecto en el ambiente, reutilizarlos como materia prima o emplearlos como fuentes de componentes de interés, y en base a eso, se han propuesto materiales obtenidos de los residuos agrícolas como adsorbentes económicos y respetuosos con el medio ambiente (Ince & Kaplan, 2020). Los materiales de origen agrícolas, en particular contienen celulosa han mostrado un alto potencial para la eliminación de los metales tóxicos (Ranjan et al., 2009). El proceso de adsorción de metales

tóxicos en solución acuosa por los adsorbentes de bajo coste procedentes de residuos vegetales puede llevarse a cabo con o sin modificaciones químicas, y se ha reportado que los residuos vegetales naturales tienen una mayor capacidad de adsorción que las formas no modificadas (Shruthi and Hemavathy, 2024). Algunos materiales estudiados son: *Mentha piperita* (González Padilla et al., 2024), tabaco (*Nicotiana tabacum*) (Huerta Velázquez et al., 2024), cáscara de sandía (*Citrulus lanatus*) (García Luis, et. al., 2023), cascara de toronja (*Citrus Paradise*) (Rodríguez Pérez et al., 2024), y la semilla de girasol (*H. annuus*), de la cual se ha reportado su utilidad en la remoción de diferentes metales pesados como: la remoción de Arsénico (Flores Herrera, 2016), cadmio (II) (Almouei et. al., 2013), gasolina (Almazan-Casteñada y cols., 2024), la acumulación de plomo, zinc y cadmio por el tallo, y cobre, níquel y manganeso por las raíces de *H. annuus* en residuos mineros (Hernández-Acosta, y cols., 2016), y la recuperación de plomo por girasol y vermicompost (Sarmiento y Febres, 2021). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue analizar la remoción de cromo (VI) en solución acuosa por la biomasa de la cáscara de semilla de girasol (*Helianthus annuus*).

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. BIOADSORBENTE

Las semillas de girasol (*H. annuus*), se obtuvieron a partir de caña comercial obtenida de una tienda de herbolaria de un mercado popular de la zona centro de la ciudad capital de San Luis Potosí, S.L.P., México, en el mes de julio del 2024. Para la obtención de la biomasa, las semillas se lavaron durante 24 horas con EDTA (10% p/v), el cual sirve como agente quelante, con el fin de eliminar metales contaminantes, después se lavaron con agua tridesionizada por una semana con cambios de agua cada 12 horas. Posteriormente, se calentaron a ebullición por una hora, y después se secaron en una estufa a 80°C por 3 días, se molieron en una licuadora y se guardaron en envases de vidrio ámbar a temperatura ambiente hasta su uso.

2.2. MÉTODOS

2.2.1. Soluciones de Cromo (VI)

Se utilizó una solución de cromo (VI) con una concentración de 100 mg/L, obtenida por dilución de una solución patrón de 1.0 g/L, preparada en agua tridesionizada, a partir de dicromato de potasio. De acuerdo con el pH empleado para cada prueba, éste se modificó con soluciones de NaOH y/o H₂SO₄, antes de adicionarla a la biomasa.

2.2.2. Determinación de remoción de Cromo (VI) en distintas condiciones

De la biomasa a analizar, se pesaron 10 g y se añadieron a matraces Erlenmeyer de 500 mL y posteriormente se mezclaron con 200 mL de una solución del metal [100 mg/L de cromo (VI)], se incubaron a una temperatura de 28°C con agitación constante (100 rpm) bajo diferentes condiciones de pH (1.0, 2.0, 3.0 y 4.0), temperatura (28°C, 40°C, 50°C y 60°C), concentración de cromo (VI) (200 mg/L, 400 mg/L, 600 mg/L, 800 mg/L y 1000 mg/L) y diferentes concentraciones de biomasa (1 g, 5 g y 10 g), y de la misma manera se determinó la remoción del metal a partir de agua y tierra contaminadas.

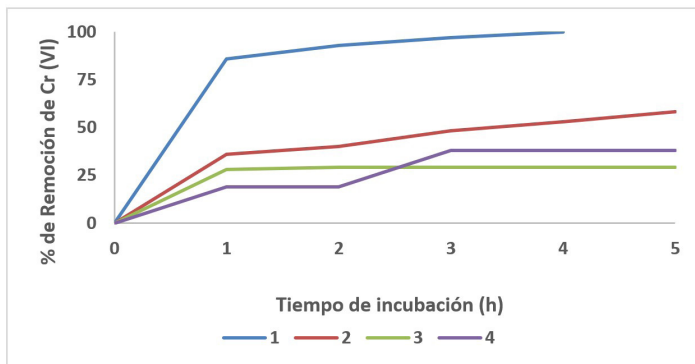
Posteriormente, a diferentes tiempos de incubación, se tomaron alícuotas de 5 mL, removiendo la biomasa por centrifugación a 3 000 rpm (10 min) y al sobrenadante se le determinó la concentración de cromo (VI) en solución, utilizando el método colorimétrico de la Difenilcarbazida, determinando la cantidad del metal presente en solución por medio de la producción de una coloración rosa violeta, las muestras se leyeron por duplicado en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 540 nm (Greenberg et al., 1992). Todos los experimentos se realizaron mínimo 2 veces y por duplicado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. EFECTO DEL TIEMPO DE INCUBACIÓN Y PH

La capacidad de remoción de la cascara de semilla de girasol fue la siguiente: Se obtuvo una remoción del 100% a las 4 horas a pH de 1.0, mientras que se obtuvo una remoción de 58.2%, 29.4% y 38% a pH 2.0, 3.0 y 4.0 respectivamente, estos últimos a las 5 horas (Figura 1).

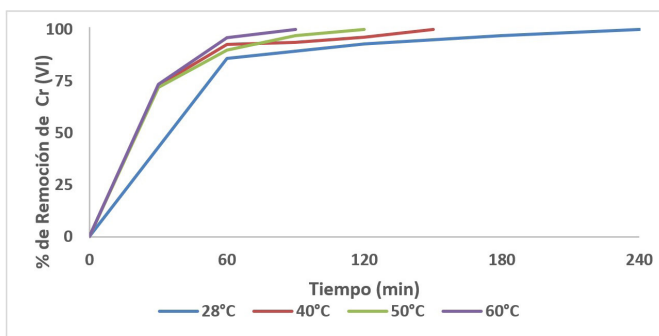
Figura. 1. Efecto del tiempo de incubación y pH sobre la remoción de cromo (VI) en solución: 100 mg/L Cr (VI), 100 rpm, 28°C, 10 g biomasa.



3.2. EFECTO DE LA TEMPERATURA DE INCUBACIÓN

En relación con la temperatura, se obtuvo una remoción del 100% en las diferentes temperaturas, a 28°C, la remoción fue total a las 4 horas, a 40°C a las 3 horas, a 50°C a las 2.5 horas y a 60°C se completó a 1.5 horas, confirmando que a mayor temperatura es más rápida la remoción del cromo (VI) (Figura 2).

Figura 2. Efecto de la temperatura de incubación sobre la remoción de cromo (VI). 100 mg/L Cr (VI). pH 1.0. 100 rpm. 10 g de biomasa. 5 h.



3.3. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN INICIAL DEL METAL SOBRE LA ADSORCIÓN DEL MISMO

Por otro lado, a las diferentes concentraciones de cromo (VI) en solución analizadas, a las 5 h se obtuvieron remociones de 96.6%, 95.15%, 93.4%, 92.2% y 91.6% a concentraciones de 200, 400, 600, 800 y 1000 mg/L respectivamente, con una temperatura de 28°C, a las 6 horas de incubación (Figura 3), mientras que a 60°C, se observó una remoción total del metal analizado a las concentraciones analizadas entre 90 y 120 minutos de incubación (Figura 4).

Figura 3.- Efecto de la concentración de cromo (VI) sobre la remoción del mismo. 10 g de biomasa. 100 rpm, pH 1.0. 28°C.

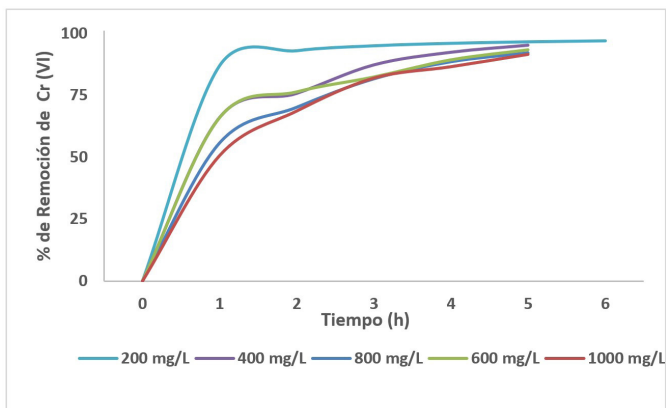
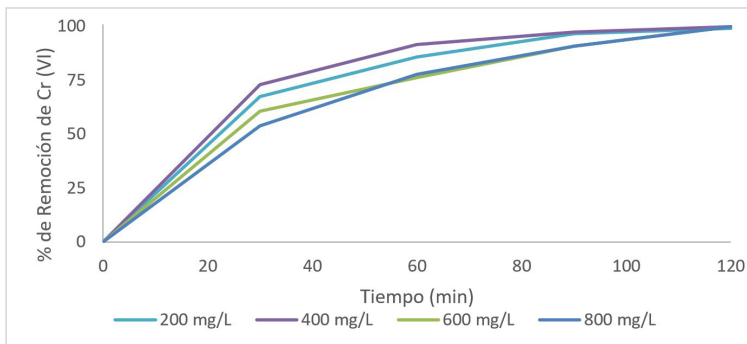


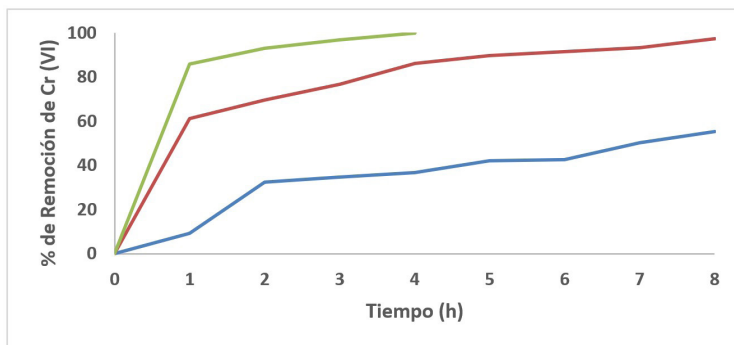
Figura 4.- Efecto de la concentración de cromo (VI) sobre la remoción del mismo. 10 g de biomasa. 100 rpm, pH 1.0. 60°C.



3.4. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DEL BIOADSORBENTE

En la figura 5, se muestra el efecto de la concentración inicial de la biomasa sobre la remoción del metal, encontrando que con 1 g de biomasa se eliminó un 55.5 % en 8 h, con 5 g de biomasa un 97.3%, en el mismo tiempo de incubación, y con 10 g de biomasa se eliminó el 100% del cromo (VI) en solución a las 4 h (Figura 5).

Figura 5.- Efecto de la concentración del bioadsorbente sobre la remoción de cromo (VI). 100 rpm, pH 1.0. 28°C. — 1 g, — 5 g, — 10 g.



3.5. REMOCIÓN DE CROMO (VI) A PARTIR DE RESIDUOS INDUSTRIALES CONTAMINADOS

Se realizó un ensayo de biorremediación de cromo (VI), a partir de agua y suelo contaminados con 200 mg/g de tierra y 200 mg/L de agua contaminada (ambos ajustados), a partir de muestras obtenidas de una tenería de Celaya, Gto, México, utilizando 10 g de la biomasa a analizar, observando que la biomasa elimina el 100% de cromo (VI) presente en tierra a los 3 días de incubación (Figura 6), mientras se eliminó el 73% del metal a los 4 días de incubación en agua contaminada, a 28°C y 100 rpm (Figura 7).

Figure 6. Remoción de cromo (VI) a partir de residuos industriales. 10 g de biomasa. 28°C, 100 rpm, 10 g de tierra contaminada, 180 mL de agua tridesionizada estéril (200 mg Cr (VI)/L, ajustado, pH 6.8.

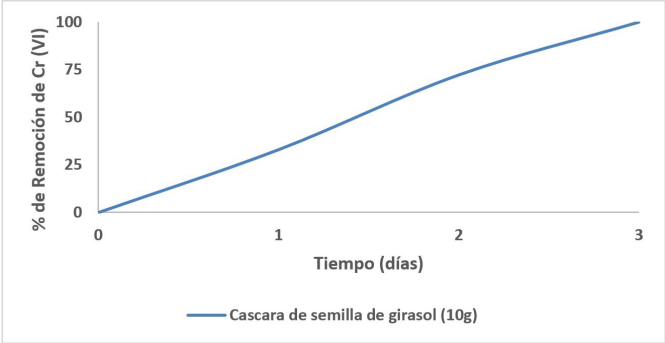
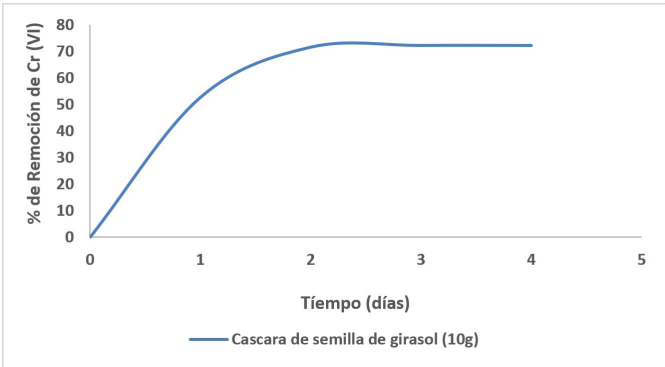


Figure 7.- Remoción de cromo (VI) a partir de aguas residuales industriales. 10 g de biomasa. 28°C, 100 rpm, 190 mL de agua contaminada, (200 mg Cr (VI)/L de agua, ajustado, pH 7.2).



Finalmente, en la tabla 1, se muestran los porcentajes de adsorción de Cromo (VI) utilizando diferentes bioadsorbentes.

Tabla 1. Comparación de los porcentajes de remoción de Cromo (VI) con otros bioadsorbentes.

Adsorbente	pH	Capacidad de adsorción (mg/L)	Referencia
<i>Avena sativa</i>	1.0	100	Pacheco <i>et al.</i> , 2017
<i>Dioscorea rotundata</i>	2.0	325.88	Villabona <i>et al.</i> , 2022
<i>Emblica Officinalis</i>	2.0-3.0	416	Kushwah & Chakra-Borty, 2021
<i>Oriza sativa</i> L.	1.0	50	Rodríguez-Pérez <i>et al.</i> 2022
<i>Heinsia crinita</i>	2.0	49.45	Dawodu <i>et al.</i> , 2020
<i>Pisum sativum</i>	2.0	5	Kebede <i>et al.</i> , 2022
<i>Eichhornia crasipes</i>	1.5	2.5	Ardila-Arias <i>et al.</i> , 2022
<i>Nicotiana tabacum</i>	2.0	72	Huerta Velázquez <i>et al.</i> , 2024
<i>Helianthus annus</i>	1.0	100	Este trabajo

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo, sugieren la potencial aplicabilidad de la biomasa de la cáscara de semilla de girasol (*H. annus*) para la remoción de cromo (VI), y otros metales pesados de aguas residuales. Sin embargo, la capacidad de remoción puede verse afectada por altas concentraciones de los mismos contaminantes, o la presencia de otros metales pesados, disminuyendo la capacidad de remoción de las biomazas estudiadas, aunque, actualmente, el uso de biomazas de desecho, es una gran alternativa para tratar de eliminar los metales pesados de los diferentes sitios contaminados. Actualmente, el uso de biomazas naturales vivas y/o muertas, es una gran alternativa para tratar de eliminar éstos y otros contaminantes de sitios contaminados, debido a su bajo costo, gran capacidad de adsorción, fácil accesibilidad, su producción en grandes cantidades y la facilidad de obtención, pues la mayoría se estos productos se desecha y no se utiliza para el beneficio de la humanidad.

También, se ha reportado, que la biomasa de la semilla de *H. annus* puede acumular eficientemente diferentes metales pesados (Flores Herrera, 2016; Almouei et. al., 2013; Almazan-Casteñada y cols., 2024), pero, hay pocos reportes relacionados con la remoción de cromo (VI por esta biomasa, por lo cual este trabajo es relevante para estudios posteriores para eliminar y mejorar la capacidad de remoción de esta biomasa natural.

5. CONCLUSIONES

Con la biomasa de la cáscara de semilla de girasol (*H. annus*), se obtuvo una buena capacidad de remoción del metal analizado en las condiciones descritas, lo cual sugiere su potencial aplicación para la biorremediación de sitios contaminados con este metal.

REFERENCES

Aguirre de los Santo, Y.L., Vázquez-Sánchez, A.Y., Abatal, M., Quiroz-Rodriguez, A. 2025. Potencial de Residuos Agrícolas Mexicanos para la Remoción de Metales Pesados desde Soluciones Acuosas, p. 251-268. En: J.G. Cerón Bretón, R. M. Cerón Bretón y M. López Cisneros (ed.). Tópicos Selectos de Contaminación Ambiental. Universidad Autónoma de Campeche. 366 p. ISBN 978-607-8907-33-5. doi 10.26359/EPOMEX01202512.

Almazán-Casteñada, P.J., Alarcón, A., García-Barradas, O., Mendarte-Alquisira, C. y Ferrera-Cerrato, R. 2024. Fitotoxicidad y fitorremediación de un suelo contaminado con fasolina utilizando plantas de girasol asistidas por bacterias rizosféricas nativas. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 40, 351-362. <https://doi.org/10.20937/RICA.55039>

Amouei, A.I., Amooey, A.A., Asgharzadeh, F. 2023. A study of cadmium removal from aqueous solutions by sunflower powders and its modeling using artificial neural network. Iranian journal of health sciences. 1:3 28-34. <http://jhs.mazums.ac.ir>

Ardila-Arias A.N., Arriola-Villaseñor E., Álvarez-González W., Hernández-Maldonado J.A. & Barrera-Zapata R. 2022. Aprovechamiento de residuos de *Eichhornia crasipes* para la remoción de Cr (VI) en Aguas simuladas. Revista Politécnica.18(35): 71-83. DOI: <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v18n35a5>

Dawodu F.A., Akpan B.M. & Akpomie K.G. 2020. Sequestered capture and desorption of hexavalent chromium from solution and textile wastewater onto low cost *Heinsia crinita* seed coat biomass. Applied Water Science. 10(1):1-15. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1114-6>

Flores Herrera, M.B. 2016. Remoción de arsénico con cáscara de Semilla de Girasol mediante el proceso de adsorción en aguas del manantial Puncomachay, Jauja 2016. Tesis Profesional para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad Cesar Vallejo. Lima, Perú.

García Luis, M.F., Ramos Arteaga, A., Sánchez Lucio, L.S., Rodríguez Pérez, A., Cárdenas González, J.F. & Acosta Rodríguez, I. 2023. Remoción de cromo (VI) en solución acuosa por la biomasa de la cáscara de sandía (*Citrulus lanatus*). Sociedad Química de México. 255-259. ISSN: 2448-914X. Versión digital. www.sqm.org.mx.

González Padilla, M.J., Martínez Rodríguez, C.M., Contreras Briones, D., Navarro Castillo, J.F. & Acosta Rodríguez, I. 2024. Removal of chromium (VI) in solution by the *Mentha piperita* biomass. Journal of Multidisciplinary and Environmental Science and Technology. (JMEST). Vol. 11, No. 11. pp. 16522-16527. January 31. ISSN: 2458-9403. JMESTN42354307. www.jmest.org

Greenberg A.E., Clesceri L.S. & Eaton A.D. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington, DC, USA, 18th edition. 3.58-3.60.

Hernández-Acosta, E., Juárez-Santos, Y., Robledo-Santoyo, E., Díaz-Vargas, P. y Cristobal-Acevedo, D. 2016. Acumulación de metales pesados en *Helianthus annuus* desarrollado en residuos de mina. Revista Iberoamericana de Ciencias. 3:6. 27-36. www.reibci.org

Huerta-Velázquez, C.C., Cruz-García, K.B. & Acosta-Rodríguez, I. 2024. Usefulness of the Biomass of Tobacco (*Nicotiana tabacum*) for The Elimination of Chromium (VI) from Polluted Waters. Universal Journal of Green Chemistry. Vol. 2, No. 1. pp. 1-10. 21/02/2024. DOI: <https://doi.org/10.37256/ujgc.2120242220>. <https://ojs.wiserpub.com/index.php/UJGC/>

Ince, M., & Kaplan Ince, O. 2020. Heavy Metal Removal Techniques Using Response Surface Methodology: Water/Wastewater Treatment. Biochemical Toxicology-Heavy Metals and Nanomaterials, 1-19. DOI: 10.5772/intechopen.88915

Jiang, B., Gong, Y., Gao, J., Sun, T., Liu, Y., Oturan, N., Oturan, M.A. 2019. The reduction of Cr(VI) to Cr(III) mediated by environmentally relevant carboxylic acids: state-of-the-art and perspectives, Journal of Hazardous Materials. 365, 205–226, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.10.070>

Karthik, C., Barathi, S., Pugazhendhi, A., Ramkumar, V.S., Thi, N., Arulselvi, P.I. 2017. Characterization of multifarious plant growth promoting traits of rhizobacterial strain AR6 under Chromium(VI) stress, Microbiological Research. 204, 65–71, <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.07.008>

Kebede A., Kedir K., Melak F. & Girma-Asere T. 2022. Removal of Cr(VI) from Aqueous Solutions Using Biowastes: Tella Residue and Pea (*Pisum sativum*) Seed Shell. Hindawi Scientific World Journal. Vol. 2022, Article ID 7554133, 12 pages <https://doi.org/10.1155/2022/7554133>

Kushwaha P. & Chakraborty, S. 2021. Removal of Cr(VI) from Synthetic Wastewater by Low Cost Adsorbent Developed from Amla Wood Sawdust (*Embllica officinalis*). International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). 10(02): 246-248. <http://www.ijert.org>

Ovens, M., Khan, M.S., H.A. Qari, H.A. 2017. Ensifer adhaerens for heavy metal bioaccumulation, biosorption, and phosphate solubilization under metal stress condition, Journal of Taiwan Institute Chemical Engineering. 80, 540–552, <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2017.08.026>

Pacheco-Castillo N.C., Cárdenas-González J.F., Moctezuma-Zárate M.G., Martínez-Juárez V.M., Rodríguez-Pérez A. & Acosta Rodríguez I. 2017. Removal of chromium (VI) in aqueous solution by oat biomass (*Avena sativa*). Mexican Journal of Biotechnology. 2(2): 196-205. <https://doi.org/10.29267/mxjb.2017.2.2.196>

Pushkar, B., Sevak, P., Parab, S., Nilkanth, N. 2021. Chromium pollution and its bioremediation mechanisms in bacteria: a review, Journal of Environmental Management. 287, 112279. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112279>

Quintero, S., Zwolinski P., Evrard D., Cano, J. & Rivas, P. (2023). Turning food loss and waste into animal feed: A Mexican spatial inventory of potential generation of agro-industrial wastes for livestock feed. Sustainable Production and Consumption. 41, 36–48.

Rodríguez-Pérez A., Pacheco-Castillo N., Tovar-Oviedo J., Martínez-Juárez V.M., Acosta-Rodríguez I., Muñoz-Morales A. & Cárdenas-González J.F. 2022. Remoción de Cromo (VI) en solución acuosa por la biomasa modificada de la cáscara de arroz (*Oriza sativa* L.). Tecnología y Ciencias del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 13(3): 478-502. DOI: 10.24850/j-tyca-2022-03-10.

Shijie, Xie. 2024. Water contamination due to hexavalent chromium and its health impacts: exploring green technology for Cr (VI) remediation, Green Chemistry Letters and Reviews. 17:1, 2356614, DOI: 10.1080/17518253.2024.2356614

Shruthi, S. Hemavathy, R.V. 2024. Myco-remediation of chromium heavy metal from industrial wastewater: A review. Toxicology Reports. 13, 101740. 1-8. doi.org/10.1016/j.toxrep.2024.101740.

Ukhurebor, K., Aigbe, U.O., Onyancha, R.B., Nwankwo, W., Osibote, O.A., Paumo, H.K., Ama, O.M., Adetunji, C.O., Siloko, I.U. 2021. Effect of hexavalent chromium on the environment and removal techniques: a review. Journal of Environmental Management. 280, 111809. 1–25, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111809>.

Villabona-Ortiz A., González-Delgado Á. & Tejada-Tovar C. 2022. Equilibrium, Kinetics and Thermodynamics of Chromium (VI) Adsorption on Inert Biomasses of *Dioscorea rotundata* and *Elaeis guineensis*. Water. 14(844): 1-15. <https://doi.org/10.3390/w14060844>

Zaynab M., Al-Yahyai R., Ameen A., Sharif Y., Ali L., Fatima M., Ali-Khan K. & Li S. 2022. Health and environmental effects of heavy metals. Journal of King Saud University–Science. 34(101653): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101653>

Villabona-Ortiz A., González-Delgado Á. & Tejada-Tovar C. 2022. Equilibrium, Kinetics and Thermodynamics of Chromium (VI) Adsorption on Inert Biomasses of *Dioscorea rotundata* and *Elaeis guineensis*. Water. 14(844): 1-15. <https://doi.org/10.3390/w14060844>

Zaynab M., Al-Yahyai R., Ameen A., Sharif Y., Ali L., Fatima M., Ali-Khan K. & Li S. 2022. Health and environmental effects of heavy metals. Journal of King Saud University–Science. 34(101653): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101653>

SOBRE O ORGANIZADOR

Alireza Mohebi Ashtiani possui graduação em bacharelado em Matemática, Matemática Aplicada, pela Amirkabir University of Technology (Polytechnic of Tehran), Teerã/Irã (2003), mestrado em Matemática Aplicada pelo Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS), Zanjan/Irã (2005) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) na área de Automação (2012). Foi bolsista de Pós-doutorado Júnior do CNPq no Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica (IMECC/UNICAMP) e bolsista de Pós-doutorado da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) na Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas (FCA/UNICAMP). Desde 2013 é docente vinculado ao Departamento Acadêmico de Matemática do Campus Londrina da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), e atualmente, docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) da UTFPR, Campus Cornélio Procopio.

Alireza Mohebi Ashtiani

<http://lattes.cnpq.br/5025709771742662>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorción 58, 59, 61, 63, 64, 65, 67, 68, 70, 71
Agricultural land 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119
Agricultural land consolidation 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 119
Agricultural land market 109, 110, 113, 116, 118, 119
Aguas residuales 57, 63, 64
Alumina 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16
Alumno-geólogo 98, 108

B

Biomasa 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 69, 70
Biomimicry 81, 85, 96
Biorremediación 57, 62, 64, 68
Biorremediación química 68

C

Cascarilla de soja 67, 68, 69
Celulosa microcristalina 67, 68, 70, 71
Ciclodextrinas 17, 18, 19, 23, 28
Colorantes textiles 68
Cromo (VI) 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66
Curcumina 18, 23, 24, 25, 26, 27, 28

D

Desempeño 72, 73, 74, 76, 79, 99, 100, 101, 102, 106
Diclofenaco 18, 28, 29, 30, 32
Diffusion model 47
Dilatometry 1, 4, 5, 7, 12, 13, 14, 15

E

Ecodesign 81, 82, 83, 85, 86, 93, 94, 95, 96, 97
Education 32, 55, 81, 85, 95, 97
Eléctrico 72, 73, 74, 76, 77, 78, 79
Enfriamiento 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79

F

Filas 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46

Fotovoltaico 72, 74, 79

G

Geología 98, 100, 101, 102, 104, 105, 108

Geología estructural 98, 102

Girasol 56, 57, 59, 60, 64, 65

H

Hojas de cálculo 17, 18, 22

L

Land rent determinism 109, 113, 118

Legado 98, 99, 106

M

Método de relaciones molares 18, 24, 25, 26, 30, 31

Modelagem 33, 35, 38, 40, 46

Model without dissemination 47, 50

O

Oryol region 109, 115, 116, 117, 119

P

Panel 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79

Plastic 81, 90, 91, 92, 93, 95, 97

Population dynamics 47

R

Refractory 1, 2, 3, 4, 12, 13, 15, 16

Russia 109, 110, 113, 114, 115, 117, 118

S

Simulação 33, 35, 38, 40, 41, 43, 44, 45, 46

Síntesis one-pot 68

Sistemas 17, 18, 19, 21, 22, 23, 26, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 46, 58, 73

Spinel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16

Sustainability 81, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 93, 94, 95, 97, 113, 118

X

XRD 1, 5, 9, 67, 68, 69

Y

YPF 98, 99, 100, 102, 103, 105, 106, 107, 108

