

Estudos em Ciências Exatas e da Terra

Desafios, Avanços e Possibilidades

Alireza Mohebi Ashtiani
(organizador)

 EDITORA
ARTEMIS
2023

Estudos em Ciências Exatas e da Terra

Desafios, Avanços e Possibilidades

Alireza Mohebi Ashtiani
(organizador)

 EDITORA
ARTEMIS
2023



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
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba
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
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
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
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão
Prof.^a Dr.^a Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará
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
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. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
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. 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 Alborno, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*
Prof. Dr. 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.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 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 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 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.^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 Sílvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.^ª Dr.^ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo (USP), Brasil
Prof.^ª Dr.^ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia
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 / Organizador Alireza Mohebi Ashtiani. – Curitiba, PR: Artemis, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Digital Editions

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-87396-74-3

DOI 10.37572/EdArt_240223743

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

CDD 509

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



APRESENTAÇÃO

As ciências exatas e da terra têm uma importância muito especial e são consideradas a origem e a base principal do progresso de outras áreas de conhecimento, que ganharam destaque com a evolução tecnológica e a complexidade dos desafios humanos.

De modo geral, pode-se dizer que as importantes conquistas dos séculos passados e atuais se devem à atuação e ao avanço do campo das ciências exatas e da terra, que, através de desafios, situações e aplicações, avançaram e cruzaram as fronteiras tradicionais de outras áreas de conhecimento, resolvendo problemas complexos que abrangem diversas áreas: a isto chamamos “interdisciplinaridade”.

Diante dessa realidade, o primeiro volume de **“Estudos em Ciências Exatas e da Terra: Desafios, Avanços e Possibilidades”** publicado pela Editora Artemis e apresentado em 10 capítulos, tem por objetivo dar um panorama geral dos desafios, avanços e possibilidades que envolvem essa área de conhecimento, tanto na teoria quanto na prática.

Os trabalhos aqui apresentados, de pesquisadores de diversos países, entre eles Argentina, Brasil, México, Paraguai, Portugal e Rússia, oferecem aos leitores e interessados a oportunidade de ampliar seus conhecimentos e adquirir uma visão mais profunda da área.

Alireza Mohebi Ashtiani

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

APLICACIÓN DE LA BIOMASA DE LA CÁSCARA DE AGUACATE (*Persea americana*) PARA LA ELIMINACIÓN DE CROMO (VI) DE AGUAS CONTAMINADAS

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

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2402237431

CAPÍTULO 2..... 10

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE EXTRATOS BRUTOS OBTIDOS DE DOIS FUNGOS ENDOFÍTICOS ISOLADOS DE *COCHLOSPERMUM REGIUM*

João Vitor Fonseca Montel
Gleys Kellen Aquino Moraes
Sara Bruna Souza Dantas
Vanessa Mara Chapla

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2402237432

CAPÍTULO 3..... 18

COMPARACIÓN DEL CONTENIDO FENÓLICO EN MUESTRAS DE TÉ NEGRO Y VERDE COMERCIALES MEDIANTE EL MÉTODO DE FOLIN-CIOCALTEU

Daniela Yusbizareth Rodríguez Jiménez
Candy Andreina Montaña Pérez
Martha Edith Cansino Marentes
Rogelio Fernández Argüelles
Javier German Rodríguez Carpena
Gabriela María Ávila Villarreal

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2402237433

CAPÍTULO 4..... 24

QUÍMICA: DESARROLLANDO ENSEÑANZA VIRTUAL EN LA PANDEMIA

Susana Juanto
Gerónimo Prado
Lucas Emanuel Mardones

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2402237434

CAPÍTULO 5..... 36

VARIACIÓN EN EL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN DISTINTOS SISTEMAS PRODUCTIVOS: CONSECUENCIAS AMBIENTALES Y PRODUCTIVAS PARA EL SO BONAERENSE

Nico Digüero
M.A. Luna
L.M. Molina
H.J. Hernández
P.I. Pesatti
G.M. González

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2402237435

CAPÍTULO 6..... 43

STUDY OF MECHANICAL BEHAVIOUR AND CORRELATIONS WITH PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOLID CERAMIC BRICKS IN ASUNCIÓN

Roberto Alejandro Rojas Holden
Juan de Dios Jacobo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2402237436

CAPÍTULO 7..... 63

COMPARISON OF ANALYTICAL AND NUMERICAL SOLUTIONS TO THE STRESSES PROBLEM IN A CYLINDRICAL SHELL WITH A CIRCULAR HOLE

Stanislava V Kashtanova
Alexey V Rzhonsnitskiy

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2402237437

CAPÍTULO 8.....70

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ALTIMÉTRICOS MEDIANTE LA ARTICULACIÓN ENTRE CÁTEDRAS DE DISTINTAS ÁREAS


Claudio Eduardo Justo
Viviana Angélica Costa

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2402237438

CAPÍTULO 9.....79

CARACTERIZACIÓN DE LA CORTEZA DE TRANSICIÓN Y LÍMITE CORTICAL CONTINENTAL-OCEÁNICO EN EL MARGEN CONTINENTAL ARGENTINO

María Alejandra Arecco
Patricia Alejandra Larocca
Francisco Ruiz
Guillermo Domingo Pizarro
María Florencia Canero

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2402237439

CAPÍTULO 10..... 94

HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SUBMARINE GROUNDWATER DISCHARGES AT OLHOS DE ÁGUA, ALGARVE, PORTUGAL – FREEZE PROJECT

Fátima Sousa
Helena Frazão
Judite Fernandes
Dmitri Boutov
Francisco Leitão
Pedro Range
Gabriela Carrara

 https://doi.org/10.37572/EdArt_24022374310

SOBRE O ORGANIZADOR.....107

ÍNDICE REMISSIVO 108

CAPÍTULO 1

APLICACIÓN DE LA BIOMASA DE LA CÁSCARA DE AGUACATE (*Persea americana*) PARA LA ELIMINACIÓN DE CROMO (VI) DE AGUAS CONTAMINADAS

Data de submissão: 15/12/2022

Data de aceite: 04/01/2023

Ismael Acosta Rodríguez

Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de
San Luis Potosí
San Luis Potosí, S.L.P.
C.P. 78320, México
ORCID: 0000-0001-8620-2727

Adriana Rodríguez Pérez

Universidad Autónoma de
San Luis Potosí
Centro de Investigación y
Extensión de la Zona Media
El Balandran
Calle Escontria No. 230. Barrio 3
C.P. 79660. Ciudad Fernández
San Luis Potosí, S.L.P. México
ORCID: 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 Escontria No. 230. Barrio 3
C.P. 79660. Ciudad Fernández
San Luis Potosí, México
ORCID: 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
ORCID: 0000-0002-7426-6835

RESUMEN: Se analizó la capacidad de remoción de Cromo (VI) en solución acuosa por la biomasa de aguacate (*Persea americana*). Para evaluar la concentración del metal se utilizó el método de la difenilcarbazida. Se evaluó la bioadsorción a diferentes pH's (1, 2, 3 y 4) durante 270 min. También se estudió el efecto de la temperatura en el intervalo de 28°C hasta 60°C y la remoción a diferentes concentraciones iniciales de Cr (VI) de 200 a 1000 mg/L. La mayor bioadsorción (50 mg/L) fue a los 270 min, a pH de 1.0 y 28°C. Con respecto a la temperatura, la más alta remoción fue a los 60°C, con un 100% de remoción a los 45 minutos. A las concentraciones de Cromo (VI) analizadas, la biomasa natural mostró una excelente capacidad de remoción, además de que remueve eficientemente el metal *in situ* (100% de remoción en suelo y agua contaminados, a los 5 y 6 días de incubación,

con 10 g de la biomasa fúngica (100 mL de agua), por lo que se puede utilizar para eliminarlo de aguas residuales industriales.

PALABRAS CLAVE: Bioadsorción. Cromo (VI). Biomásas naturales.

APPLICATION OF AVOCATO (*Persea americana*) PEEL BIOMASS FOR THE REMOVAL OF CHROMIUM (VI) FROM POLLUTED WATERS

ABSTRACT: We analyzed the Chromium (VI) removal capacity in aqueous solution by the *Persea americana* biomass, using the diphenylcarbazide method to evaluate the metal concentration. Biosorption at different pH (1, 2, 3, and 4) was evaluated for different times. We too studied the effect of temperature in the range of 28 to 60 °C and the removal at different initial concentrations of Cr (VI) of 200 to 1000 mg/L. Therefore, the highest biosorption of the metal (50 mg/L) occurs within 270 minutes, at pH of 1.0 and 28°C. According to temperature, the highest removal was observed at 60°C, in 45 minutes, when the metal is completely adsorbed. At the analyzed concentrations of Cr (VI), fungal biomass, showed excellent removal capacity, besides it removes efficiently the metal in situ (100% removal in soil and water contaminated, after 5 and 6 days of incubation, 10 g of biomass, and 100 mL of water; so, it can be used to eliminate it from industrial wastewater.

KEYWORDS: Biosorption. Chromium (VI). Natural biomass.

1 INTRODUCCIÓN

El Cromo (VI) es un peligro para la salud de los humanos, sobre todo para la gente que trabaja en la industria del acero y textil, debido a que provoca diferentes efectos sobre la salud, como reacciones alérgicas (erupciones cutáneas), puede causar irritación y sangrado de la nariz. [1]. El Cromo (VI) produce además debilitamiento del sistema inmune, daño hepático, daño renal, alteración del material genético, cáncer de pulmón y una exposición aguda puede causar la muerte [2]. Debido a las actividades industriales, como la producción de acero, minería, cemento y curtido de pieles, ciertas zonas de México, tienen altos niveles de Cromo en suelo y agua (NOM-052-ECOL-1993, la cual establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente) [3]. Adicionalmente a la actividad industrial, el uso de lodos de aguas negras o de fertilizantes con diferentes concentraciones de Cromo (VI) en algunas prácticas agronómicas, son otros de los factores contribuyentes a la contaminación ambiental por el metal [4].

El Cromo se encuentra presente en agua y suelo principalmente en dos formas de oxidación: Cromo (III) o Cromo (VI), puede encontrarse como óxido de cromo, sulfato de cromo, trióxido de cromo, ácido crómico y dicromato [5]. En presencia de materia orgánica, el Cromo (VI) presente en aguas y suelos es reducido a Cromo (III); aunque las altas concentraciones del ion en estado hexavalente pueden sobrepasar

esta capacidad de reducción, lo que impediría su adecuada eliminación [6]. Niveles elevados de Cromo (15 mg/L en agua de ríos y 0.10 mg/L en agua potable [3]) resultan tóxicos para bacterias, hongos, animales, plantas y humanos. Particularmente, el Cromo (VI) tiene efectos carcinogénicos en animales y mutagénicos en humanos y bacterias [6]. En aguas residuales, el metal se encuentra en solución como CrO_4^{2-} [2], y puede removerse por reducción, precipitación química, adsorción e intercambio iónico [6]. El proceso más utilizado en aguas residuales, es la adición de un agente reductor que convierta el Cromo (VI) a Cromo (III) y posteriormente se le precipita con soluciones básicas a $\text{Cr}(\text{OH})_3$ [1].

Investigaciones recientes sobre la adsorción de iones de metales pesados en aguas residuales, realizadas a nivel mundial, revelan la capacidad de adsorción de diferentes biomasa residuales como la corteza del árbol del pirul [7], las cáscaras de tamarindo, plátano (*Musa paradisiaca*), limón (*Citrus limonium*), y naranja (*Citrus sinensis*) [8], hoja de maíz [9], cáscara de melón [10], aserrín de pino [11], cáscaras de *Mangifera indica*, *Musa paradisiaca*, *Citrus paradise*, *Cucumis melo*, *Cucurbita máxima* [12], y de toronja [13]. Otro tipo de bioadsorbentes muy usados en la actualidad son los microorganismos, como las algas, hongos y levaduras [14].

Actualmente, es de gran interés analizar otras biomásas naturales capaces de eliminar y/o reducir este metal de aguas y suelos contaminados, como la biomasa de aguacate (*Persea americana*), que podría llegar a remover el Cromo por interacción con los componentes estructurales de la pared celular, en donde incluso podría modificar su estado de oxidación, mediante la reducción de Cromo (VI) a Cromo (III) siendo esta última la forma menos tóxica del Cromo. Se ha descrito que en la interacción del Cromo a la pared celular se realiza mediante la participación de grupos amino y carboxilo. Aunque se desconocen los mecanismos básicos de unión del Cromo a las biomásas analizadas. Una ventaja del uso de éstas, es que se pueden propagar de manera muy fácil y son muy económicas.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue analizar la capacidad de remoción de Cromo (VI) en solución acuosa por la biomasa de aguacate (*Persea americana*).

2 MATERIAL Y METODO

2.1 BIOADSORBENTE UTILIZADO

La biomasa se obtuvo a partir de aguacate (*Persea americana*), adquirido en el mercado República, entre los meses de julio-agosto de 2015, de la ciudad capital de San Luis Potosí, S.L.P. Para la obtención de la biomasa, el orégano, se lavó 72 horas

con agua tridesionizada en agitación constante, con cambios del agua cada 12 horas. Posteriormente, se hirvió 1 hora, para eliminar los restos de materia orgánica, se secó a 80°C, durante 12 horas en horno bacteriológico, se molió en licuadora hasta pulverización y se guardó en frascos ámbar hasta su uso.

2.2 SOLUCIONES DE CROMO

Se trabajó con 100 mL de una solución de 50 mg/L de Cr (VI) obtenida por dilución de una solución patrón de 1 g/L preparada en agua tridesionizada a partir de $K_2Cr_2O_7$ (Marca Analit). 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.

2.3 MÉTODOS EXPERIMENTALES

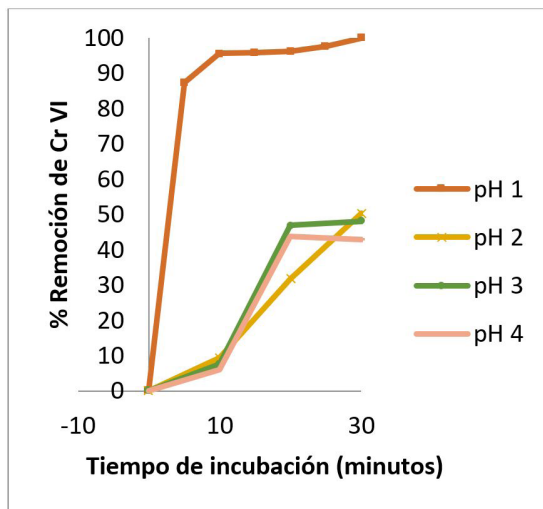
2.3.1 Determinación de la concentración de Cromo Hexavalente

La concentración de Cromo (VI) en solución acuosa se determinó por el método colorimétrico de la difenilcarnazida [15]. Todos los experimentos se realizaron 3 veces y por duplicado.

3 RESULTADO Y DISCUSIÓN

Inicialmente, se analizó la bioadsorción de 50 mg/L de Cromo (VI), a diferentes tiempos de incubación y a los siguientes valores de pH: 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0 encontrando que a pH de 1.0 se remueve el 100% del metal a los 7 minutos (Figura 1). La literatura [12] reporta un tiempo y pH de incubación óptimos de 24 y 52 h cuando se trabajó con las biomásas de las cáscaras de *M. indica*, *M. paradisiaca*, *C. paradise*, *C. melo*, *C. máxima* y aserrín, fueron: 1.16, 60, 120, 180, 480, y 960 minutos, respectivamente, a un pH de 1.0, y una concentración constante del bioadsorbente (1.0 g/100 mL), y 50 mg/L del metal, un pH de 2.0 y 5 días para *Aspergillus niger* ([16], este último con 10 g/L de biomasa, y a un pH de 2.0. Cambios en la permeabilidad, de origen desconocido, podrían explicar en parte las diferencias encontradas en el tiempo de incubación, proporcionando mayor o menor exposición de los grupos funcionales de la pared celular de la biomasa analizada [17].

Figura 1. Efecto del tiempo de incubación y del pH inicial sobre la remoción de Cromo (VI) (1.0 g de biomasa, 50 mg/L Cromo (VI), 28°C, 100 rpm).



Con respecto a la influencia del pH inicial sobre la eficiencia de remoción se encontró que la mayor actividad se evidenció a pH 1.0, pues a los 7 minutos se remueve el 100% del metal. Se ha reportado un pH óptimo de 1.0 para las biomásas de la cáscara de melón [10], aserrín de pino [11], cáscaras de *Mangifera indica*, *Musa paradisiaca*, *Citrus paradise*, *Cucumis melo*, *Cucurbita máxima* [12], y de toronja [13], aunque otros autores reportan un pH óptimo de 2.0 para: semillas de tamarindo [18], la corteza de eucalipto [19]; bagazo y pulpa de caña de azúcar [20]. El Cromo (VI) se encuentra como HCrO_4^- , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_4\text{O}_{13}^{2-}$, $\text{Cr}_3\text{O}_{10}^{2-}$ [21]. Una baja en el pH causa la protonación de la superficie del adsorbente, lo que induce una fuerte atracción por los iones Cromo (VI) de la solución cargados negativamente, por lo que la bioadsorción incrementa al aumentar la acidez de la solución. Sin embargo, cuando el pH aumenta, se incrementa la concentración de iones OH^- , induciendo cambios en la superficie del adsorbente, impidiendo la bioadsorción de los iones Cromo (VI) cargados negativamente, lo cual disminuye la adsorción del metal a estos valores de pH.

También, se encontró que a mayor temperatura es mayor la bioadsorción del metal, pues a 60°C y 28°C, se remueve el 100% del metal en solución a los 24 y 210 minutos, respectivamente (Figura 2), resultados que son coincidentes con los de litchii [22], con un 100% a los 5 minutos; para la cáscara de naranja [23], 100% a los 10 minutos; un 98% de remoción a 58°C y 180 minutos, para la semilla de tamarindo [18]. El incremento en la temperatura aumenta la velocidad de remoción de Cromo (VI) y disminuye el tiempo de contacto requerido para la completa remoción del metal, por incrementar la velocidad de reacción redox [24].

Con respecto al efecto de diferentes concentraciones de Cromo (VI) en solución, a un pH de 1.0 +/- 0.2, con 1 g de biomasa de orégano, a 28°C, y 100 rpm, se encontró que a menor concentración del metal, la remoción es mayor, pues 200 mg se eliminan a los 20 minutos, mientras que 1000 mg, se remueven a los 210 minutos (Figura 3), lo cual es similar a otros reportes de la literatura [10,11,12,13,22 y 23] (2009), (Acosta y cols., 2010), para la remoción de la misma concentración de Cromo (VI) por diferentes biomásas naturales.

Figura 2. Efecto de la temperatura de incubación sobre la remoción de Cromo (VI) (1.0 g de biomasa, 50 mg/L Cromo (VI), 100 rpm).

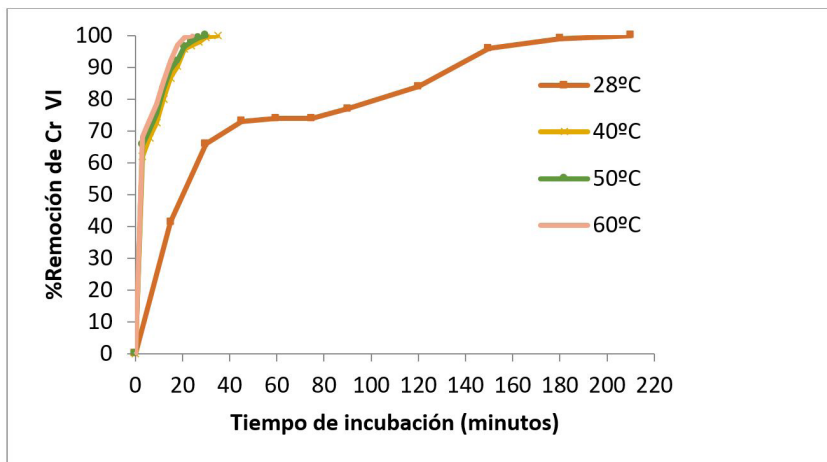
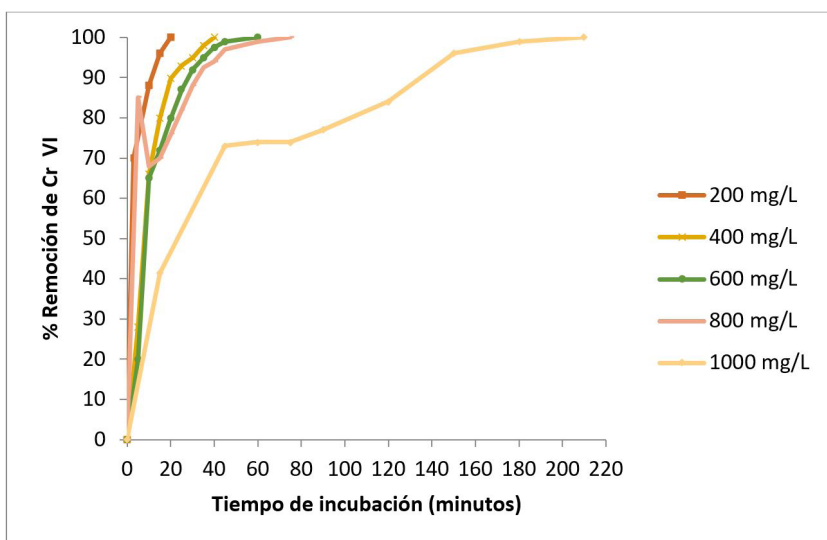


Figura 3. Efecto de diferentes concentraciones de cromo (VI) sobre la remoción del mismo (1.0 g de biomasa, 28°C, pH= 1.0, 100 rpm).



Con objeto de analizar el posible uso de la biomasa para eliminar Cromo (VI) de desechos industriales, se adaptó un ensayo de biorremediación en solución acuosa,

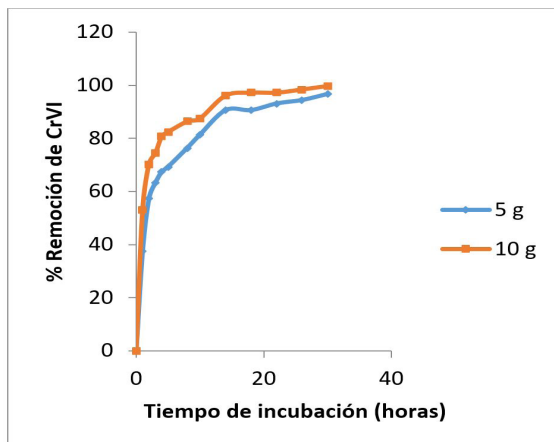
incubando la biomasa con tierra no estéril, contaminada con 297 mg Cromo (VI)/g de tierra y 100 mL de agua contaminada con aproximadamente con 400 mg de Cromo (VI), resuspendiendo la tierra en agua tridesionizada a 28°C y 100 rpm, observando que después de 5 días de incubación se remueve totalmente la concentración de Cromo (VI) de la muestras de tierra y agua contaminadas, sin cambios significativos en el contenido de Cromo total durante el experimento (Figura 4), lo cual coincide con los reportes de la literatura con bacterias, hongos y levaduras aislados de sitios contaminados con el mismo metal [1,4,6,7,8,9,10,11,12,13,18,22].

También, se observó que las biomásas analizadas, de manera similar a las cáscaras de tamarindo, plátano (*Musa paradisiaca*), limón (*Citrus limonium*), y naranja (*Citrus sinensis*) [8], hoja de maíz [9], cáscara de melón [10], aserrín de pino [11], cáscaras de *Mangifera indica*, *Musa paradisiaca*, *Citrus paradise*, *Cucumis melo*, *Cucurbita máxima* [12], y de toronja [13], son capaces de reducir el Cromo (VI) a Cromo (III), lo cual es una ventaja con respecto a otras biomásas que no tienen esta capacidad, para remover el metal en solución y a partir de nichos contaminados con el mismo.

4 CONCLUSIÓN

La biomasa de aguacate mostro una excelente capacidad para bioabsorber 1 g/L de Cr (VI) en solución, después de 210 minutos de incubación, a 28°C, una agitación constante de 100 rpm con 1 g de biomasa; por otro lado, la biomasa puede remover eficientemente el metal *in situ* (100% de remoción, con 5 días de incubación, 5 g de biomasa, en suelo y agua contaminados con el metal. Estos resultados sugieren la potencial aplicabilidad de la biomasa de aguacate para la remediación de lugares contaminados con Cr (VI).

Figura 4. Biorremediación de Cromo (VI) por la biomasa de aguacate, a partir de tierra contaminada con 297 mg de Cromo (VI)/g de tierra, y 400 mg/L de agua (5.0 g de biomasa y 20 g de tierra, 5.0 g de biomasa y 95 mL de agua, 28°C, 100 rpm).



REFERENCIAS

1. M. Ahemad, Bacterial mechanisms for Cr(VI) resistance and reduction: an overview and recent advances. *Folia Microbiol.* 59: 321–332 (2014).
2. D. Córdoba, F.A. Cotton y G. Wilkinson; *Advanced Inorganic Chemistry*, 4a Ed. Chichester, Uk; John Wiley&Sons, 376-379, (1980).
3. NORMA Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. 22-10-93.
4. F.J. Acevedo-Aguilar, A.E. Espino-Saldaña, I.L. Leon-Rodriguez, M.E. Rivera-Cano, M. Avila-Rodriguez, K. Wrobel, K. Wrobel, P. Lappe, M. Ulloa, y J.F. Gutiérrez-Corona. Hexavalent chromium removal in vitro and from industrial wastes, using chromate-resistant strains of filamentous fungi indigenous to contaminated wastes. *Can. J. of Microbiol.* 52(9): 809-815 (2006).
5. Y. Khambhaty, K. Mody, S. Basha y B. Jha. Kinetics equilibrium and thermodynamic studies on biosorption of hexavalent chromium by dead fungal biomass of marine *Aspergillus niger*. *Chem. Eng. J.* 145: 489-495 (2009).
6. C. Cervantes, J. Campos-García. S. Devars. J.F. Gutiérrez-Corona, H. Lozano-Talavera, J.C. Torres-Guzmán y R. Moreno-Sánchez. Interactions of chromium with microorganisms and plants, *FEMS Microbiol. Rev.* 25: 333-347 (2001).
7. E. Aranda-García, A.R. Netzahuatl-Muñoz, C. Cristiani-Urbina, L. Morales-Barrera, G. Pineda-Camacho y E. Cristiani-Urbina. Bioreduction of Cr(VI) and chromium biosorption by a corn shell of *Quercus crassipes* humb. & bonpl. *J. Biotechnol.*150: 228-228 (2010).
8. K. Kelly-Vargas, M. Cerro-López, S. Reyna-Téllez, E.R. Bandala y J.L. Sánchez-Salas, Biosorption of heavy metals in polluted water, using different waste fruit cortex. *Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C*, 37-39: 26-29, (2012).
9. N.A. Adesola, J. Oyebamiji y S. Adebawale. Biosorption of lead ions from aqueous solution by maize leaf, *Int. J. Phys. Sci.*1: 23-26, (2006).
10. I. Acosta Rodríguez, J.F. Cárdenas González, M.G. Moctezuma Zárata, J. Tovar Oviedo, M.Z. Acosta Nava, V.M. Martínez Juárez y F. Navarro Castillo. Biosorption of Chromium (VI) by *Cucumis melo* Shell. *J. of Multidis. Eng. Sc. and Technol. (JMEST)*. 2(5): 988-993, (2015).
11. I. Acosta-Rodríguez, K.C. Ruiz-Trujillo, J.F. Cárdenas González, M.G. Moctezuma-Zárata y V.M. Martínez-Juárez. Chromium (VI) removal by Sawdust of pine tree. *Int. J. of Latest Res. in Sci. and Technol.* 4 (2): 124-128, (2015).
12. I. Acosta Rodríguez, J.F. Cárdenas González, M.E. Torre Bouscoulet, A. González Estrada, S.E. Guerrero Martínez, C.Y. Salazar Salazar, V.M. Martínez Juárez y L.E. Frago Morales, Biosorption of chromium (VI) by different natural biomasses. *J. of Multidis. Eng. Sci. and Technol. (JMEST)*: 2 (7): 1736-1741, (2015).
13. I. Alcaraz Vázquez, L. Torres Ramirez, J.F. Cárdenas González, M.G. Moctezuma Zárata, V.M. Martínez Juárez e I. Acosta Rodríguez. El uso de la cáscara de toronja (*Citrus paradisi*), para la eliminación de Cromo (VI) de sitios contaminados. En: *Tendencias de Investigación en Ciencias Naturales y Exactas*. Editores: Candy Carranza Álvarez y Alejandro Hernández Morales. UASLP: Cap. 2. pp. 13-20 (2015).

14. C. Tejada-Tovar, A. Villabona-Ortiz y L. Garcés-Jaraba. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecnológicas*. 18 (34): 109-123, (2015).
15. A.E. Greenberg, L.S. Clesceri y A.D. Eaton. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18a ed. American Public Health Association, Washington, D.C. 3, pp. 58-3.60, 187-190 (1992).
16. D. Park, Y. Yun, J. Jo, y J.M. Park. Mechanism of hexavalent chromium removal by dead fungal biomass of *Aspergillus niger*. *Wat. Res.* 39: 533-540 (2005).
17. D. Kratochvil y B. Volesky, Advances in the biosorption of heavy metals. *TIBTECH*. 16: 291- 300 (1998).
18. G.S. Agarwal, H. Kumar y S. Chaudari. Biosorption of aqueous chromium (VI) by *Tamarindus indica* seeds. *Biores. Technol.* 97: 949-956 (2006).
19. V. Sarin y K.K. Pant. Removal of chromium from industrial waste by using eucalyptus bark. *Biores. Technol.* 97: 15-20 (2006).
20. Sharma, D.C. y Forster. C.F. A preliminary examination into the adsorption of hexavalent chromium using low-cost adsorbents. *Biores. Technol.* 47: 257-264 (1994).
21. C. Rollinson, Chromium, molybdenum and tungsten, in: T. Dickson (ed), *Comprehensive Organic Chemistry*, 3a. ed. Pergamon Press, Oxford, UK, 691-694 (1973).
22. R. Martínez Pérez. Remoción de Cromo (VI) en solución acuosa por la biomasa de la cascara de Litchi (*Litchi chinensis* sonn). Tesis Licenciatura Q.F.B./FCQ/UASLP. (2009).
23. I. Acosta-Rodríguez, H.M. González Sánchez, J.F. Cárdenas-González, M.G. Moctezuma-Zárate y V. Martínez Juárez. Remoción de Cromo (VI) en solución por la cáscara de naranja. (*Citrus sinensis* Osbeck). Tlatemoani, *Revista Académica de Investigación*. 9, 1-16, (2012).
24. P.R. Wittbrodt y C.D. Palmer. Effect of temperature, ion strength, background electrolytes, and Fe(III) on the reduction of hexavalent chromium by soil humic substances. *Environm. Sci.Technol.* 30 (8): 2470-2477 (1996).
25. A. Zubair, H.N. Bhatti, M.A. Hanif, & F. Shafqat. Kinetic and equilibrium modeling for Cr (III) and Cr (VI) removal from aqueous solutions by *Citrus reticulata* waste biomass. *Wat. Air Soil Pol.* 191, 305-318, (2008).

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

Agrimensura 70, 73, 74, 76, 77

Algarve 94, 95, 96, 97, 99, 104, 105, 106

Algebra Lineal

Álgebra Lineal 70, 71, 78

Antioxidantes 11, 16, 19

Articulación entre Cátedras de Ciencias Básicas y de Ingeniería en Agrimensura 70

B

Bending 43, 54, 55, 57

Bioadsorción 1, 2, 4, 5

Biomásas naturales 2, 3, 6

Borde Oceánico-Continental 80, 82

C

Camellia sinensis 18, 19, 23

Carbono orgánico 36, 37, 38, 39

Cerrado 10, 11, 16

Circular cutout 63, 69

Cochlospermum regium 10, 11, 12, 17

Compression 43, 44, 47, 50, 54, 56, 57, 59, 60

Corteza Continental-Oceánica De Transición 80

Cromo (VI) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

CTD 95, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 106

Cylindrical shell 63, 64, 69

E

Enseñanza entre Pares 70

Enseñanza presencial 25

Enseñanza virtual 24, 25, 34

Evaluaciones virtuales 25

Experimentos caseros 25, 26, 28, 29, 30, 35

F

Flavonoides 19

Fungos endofíticos 10, 11, 12, 15, 16, 17

L

Low walls 43, 44, 45, 47, 56, 57

M

Margem Continental Argentino 79, 80, 81, 82, 83, 93

Metabólitos secundários 10, 12, 16, 19

Modelado gravimétrico 2D 80, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91

O

Olhos de Água 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106

P

Portugal 94, 95, 105, 106

Problemas Altimétricos 70

S

Shell theory 63

Submarine Groundwater Discharge (SGD) 95

Suelos 2, 3, 36, 37, 38, 40, 41, 61

U

Usos y manejos 36, 37, 38, 41