

# Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento  
Ambiental, Cultural  
e Socioeconômico

Leinig Antonio Perazolli  
(organizador)

# Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento  
Ambiental, Cultural  
e Socioeconômico

Leinig Antonio Perazolli  
(organizador)

2021 by Editora Artemis  
Copyright © Editora Artemis  
Copyright do Texto © 2021 Os autores  
Copyright da Edição © 2021 Editora Artemis



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.

<b>Editora Chefe</b>	Prof <sup>a</sup> Dr <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira
<b>Editora Executiva</b>	M. <sup>a</sup> Viviane Carvalho Mocellin
<b>Direção de Arte</b>	M. <sup>a</sup> Bruna Bejarano
<b>Diagramação</b>	Elisangela Abreu
<b>Organizador</b>	Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli
<b>Imagem da Capa</b>	peacestock/123RF
<b>Bibliotecário</b>	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

### Conselho Editorial

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, Cuba*  
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, *Universidade Federal de Uberlândia*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Ramalho de Freitas Brito, *Universidade Federal da Paraíba*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano, Peru*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Ester Mallmann Centenaro, *Universidade do Estado de Mato Grosso*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla, Espanha*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Pimentel, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catarina Castro, *Universidade Nova de Lisboa, Portugal*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Padovesi Fonseca, *Universidade de Brasília-DF*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Neves, *Universidade Aberta de Portugal*  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, *Universidade Federal da Grande Dourados*  
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, Espanha*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deuzimar Costa Serra, *Universidade Estadual do Maranhão*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*



Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> 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. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> 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.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Javier Antonio Alborno, *University of Miami and Miami Dade College*, USA  
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  
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. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo  
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha  
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría"*, Cuba  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense



Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras  
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia  
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal  
Prof. Dr. Turpo Gebera Osbaldo Washington, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru  
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa  
Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande  
Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

C569 Ciência e tecnologia para o desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico [livro eletrônico] / Organizador Leinig Antonio Perazolli. – Curitiba, PR: Artemis, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Edição bilíngue

ISBN 978-65-87396-52-1

DOI 10.37572/EdArt\_201221521

1. Ciência – Brasil. 2. Inovações tecnológicas – Aspectos sociais. I. Perazolli, Leinig Antonio.

CDD 500

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

## APRESENTAÇÃO

A publicação intitulada **“Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Ambiental, Cultural e Socioeconômico”** faz uma coletânea de resultados científicos, em diferentes áreas do conhecimento, exemplificando um modelo para a abordagem dos problemas relacionados ao desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico da sociedade atual.

A obra se justifica ao apresentar caminhos para se atingir soluções positivas frente às grandes e variadas dificuldades que estamos observando nas últimas décadas, decorrentes de ações comerciais, do desejo de consumo e ao fato que as fontes são finitas, porém os desejos humanos não. Estas ações comerciais levam à destruição ambiental, massificação cultural e a problemas socioeconômicos devido à diferença de renda e ao aumento da frequência de desastres ambientais, os quais geram grandes prejuízos financeiros e humanos.

A obra se inicia relatando o estado da arte sobre o consumo ético, avança para a descrição da vulnerabilidade e do emprego sustentável de ecossistemas. Destaca a função dos processos de educação, peça fundamental para a evolução sustentável de qualquer sociedade e a importância da interrelação entre os municípios de diferentes países para a busca de objetivos comuns.

Na continuidade temos exemplos de resultados científicos positivos para o uso de tecnologias em diferentes áreas do conhecimento, desde o uso de micro-organismos e sementes para a produção de óleos e energia, tratamentos e recuperação de resíduos de minerais e propostas científicas avançadas nas áreas de separação líquido-líquido, magneto eletrônica e varistores. A obra também ilustra as consequências das ações negativas praticadas pela ação humana. Cabe destacar que se estas ações não forem evitadas, corrigidas e/ou readequadas as consequências dos desastres ambientais, com reflexos negativos em todas as áreas, poderão se tornar irreversíveis em questão de décadas.

A importância deste livro reside ao indicar caminhos para fomentar o desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico de forma sustentável.

Quero externar meus sinceros agradecimentos aos autores dos trabalhos científicos e à Editora Artemis, pela organização desta obra.

Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli  
UNESP – Instituto de Química de Araraquara/SP

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

ESTADO DEL ARTE SOBRE CONSUMO ÉTICO EN LA ÚLTIMA DÉCADA: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Javier Solano

David Zaldumbide Peralvo

Delia García Vences

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2012215211](https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215211)

### **CAPÍTULO 2..... 18**

VULNERABILIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS A LA CONTAMINACIÓN POR NITRATO EN LA CUENCA DEL RÍO EBRO (ESPAÑA) MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO LU-IV

Mercedes Arauzo Sánchez

María Valladolid Martín

Gema García González

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2012215212](https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215212)

### **CAPÍTULO 3..... 36**

ECOSISTEMAS DE EMPRENDIMIENTO, DE LO NACIONAL A LO REGIONAL, SANTANDER UNA APUESTA

Mónica María Pacheco Valderrama

Olga Cecilia Alarcón Vesga

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2012215213](https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215213)

### **CAPÍTULO 4..... 47**

O ENSINO MÉDIO POLITÉCNICO E A REALIDADE TECNOLÓGICA VIVENCIADA PELOS ALUNOS E PROFESSORES EM DUAS ESCOLAS DE PELOTAS- RS

Elis Regina Madeira da Porciúncula

Marcos Antonio Anciuti

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2012215214](https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215214)

**CAPÍTULO 5..... 69**

UNIVERSIDADES Y LA APROPIACIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE CHILE

Juan Ramón Contreras González

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2012215215](https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215215)

**CAPÍTULO 6..... 89**

COMPARACIÓN DE LA NORMATIVA DE CONTROL INTERNO Y EXTERNO MUNICIPAL ENTRE ECUADOR Y ARGENTINA

Verónica Ponce

Carlos Albert Ferreira

José Townsend

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2012215216](https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215216)

**CAPÍTULO 7..... 103**

EL USO DE LA BIOMASA DEL HONGO *Aspergillus niger* PARA LA ELIMINACIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS CONTAMINADAS

Ismael Acosta Rodríguez

Nancy Pacheco Castillo

Adriana Rodríguez Pérez

Juan Fernando Cárdenas González

Víctor Manuel Martínez Juárez

Francisco Navarro Castillo

Erika Enríquez Domínguez

Juana Tovar Oviedo

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2012215217](https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215217)

**CAPÍTULO 8..... 114**

INFLUENCIA DE LA ENVOLVENTE CON BAJOS NIVELES DE TRANSMITANCIA EN EL CONSUMO ENERGÉTICO DE VIVIENDAS EN CLIMAS CÁLIDOS

María Victoria Mercado

Celina Filippín

Gustavo Barea

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2012215218](https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215218)



**CAPÍTULO 9.....134**

ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LA CUPRITA SINTETIZADA POR RUTA QUÍMICA

Orfelinda Avalo Cortez

David Pedro Martínez Aguilar

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2012215219](https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215219)


**CAPÍTULO 10.....147**

ACEITE DE LA SEMILLA DE AGUACATE, UNA REVISIÓN DESDE SUS POTENCIALIDADES

Lina González Asías

Amelia Espitia Arrieta

Jennifer Lafont Mendoza

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_20122152110](https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152110)

**CAPÍTULO 11.....159**

ESTUDIOS QUÍMICOS REALIZADOS A LA SEMILLA DE *Moringa oleifera* Lam Y SU IMPACTO EN LA SALUD HUMANA: UNA REVISIÓN TEÓRICA

Jennifer Lafont Mendoza

William Negrete Humanez

Amelia Espitia Arrieta

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_20122152111](https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152111)

**CAPÍTULO 12.....171**

ZONAS DE INFLUENCIA GENERADAS POR PROPIEDADES FÍSICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN EN CAMPO DEL MATERIAL ROCOSO

Ernesto Patricio Feijoo Calle

Andrés Nicolás Aguirre Larriva

Bernardo Andrés Feijoo Guevara

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_20122152112](https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152112)

**CAPÍTULO 13..... 186**

CARACTERIZACIÓN Y FLOTACIÓN DE APATITA CONTENIDAS EN RELAVE DE HIERRO

Luis Valderrama

Mario Santander

Oswaldo Gómez

Patricia Tapia  
Patricio Muñoz  
Bruno Zazzali

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_20122152113](https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152113)

**CAPÍTULO 14.....193**

ESTUDO DE COMPÓSITOS COM MATRIZ DE ALUMÍNIO E RESÍDUOS DE MINÉRIO DE MANGANÊS POR SINTERIZAÇÃO AO AR NATURAL

Affonso Henrique Alves Ribeiro  
Margarida Márcia Fernandes Lima  
Rhelman Rossano Urzedo Queiroz  
Rosa Malena Fernandes Lima

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_20122152114](https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152114)

**CAPÍTULO 15.....214**

EXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO APLICADA AO PROCESSO DE REFINO DE ETANOL COMBUSTÍVEL

Gabriel Manso Kozlowski Pitombeira  
Leinig Antonio Perazolli  
Elias de Souza Monteiro Filho

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_20122152115](https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152115)

**CAPÍTULO 16..... 227**

EVIDENCING THE MAGNETOELECTRIC COUPLING IN BI1-XNDXFE03 COMPOSITIONS THROUGH FERROIC CHARACTERIZATIONS

Anuar Jose Mincache  
Lilian Felipe da Silva Tupan  
Odair Gonçalves de Oliveira  
Ivair Aparecido dos Santos  
Luiz Fernando Cótica

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_20122152116](https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152116)

**CAPÍTULO 17 .....234**

EFEITO DO COBALTO E ZINCO EM VARISTORES À BASE DE  $\text{SNO}_2$

Glauco Meireles Mascarenhas Morandi Lustosa  
João Paulo de Campos da Costa  
Leinig Antônio Perazzoli  
Biljana Stojanovic

Maria Aparecida Zaghete Bertochi

Elson Longo

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_20122152117](https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152117)

**CAPÍTULO 18.....250**

GRADUAÇÃO HISTOLÓGICA DOS GLIOMAS PELA ANÁLISE DA PERMEABILIDADE MICROVASCULAR POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Pedro Henrique Raffa de Souza

Rodrigo de Oliveira Plotze

Lucas Giansante Abud

Carolina Baraldi Araújo Restini

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_20122152118](https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152118)

**CAPÍTULO 19.....270**

MONITORAMENTO DE ENCALHES DE ANIMAIS MARINHOS NA GESTÃO DA PESCA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Viviane Korres Bisch

Roberto Sforza

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_20122152119](https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152119)

**SOBRE O ORGANIZADOR.....280**

**ÍNDICE REMISSIVO .....281**

# CAPÍTULO 7

## EL USO DE LA BIOMASA DEL HONGO *Aspergillus niger* PARA LA ELIMINACIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS CONTAMINADAS

Data de submissão: 24/09/2021

Data de aceite: 12/10/2021

### **Ismael Acosta Rodríguez**

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

### **Nancy Pacheco Castillo**

Laboratorio de Micología Experimental  
Facultad de Ciencias Químicas  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
San Luis Potosí, S.L.P. México. C.P. 78320

### **Adriana Rodríguez Pérez**

Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
Unidad Académica Multidisciplinaria  
Zona Media  
Carretera Río Verde san Ciró Km 4.5  
Colonia Puente del Carmen, C.P. 79617  
Río Verde, San Luis Potosí, México

### **Juan Fernando Cárdenas González**

Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
Unidad Académica Multidisciplinaria  
Zona Media  
Carretera Río Verde san Ciró Km 4.5  
Colonia Puente del Carmen, C.P. 79617  
Río Verde, 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

### **Francisco Navarro Castillo**

Laboratorio de Micología Experimental  
Facultad de Ciencias Químicas  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
San Luis Potosí, S.L.P. México. C.P. 78320

### **Erika Enríquez Domínguez**

Laboratorio de Micología Experimental  
Facultad de Ciencias Químicas  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
San Luis Potosí, S.L.P. México. C.P. 78320

### **Juana Tovar Oviedo**

Laboratorio de Microbiología  
Facultad de Ciencias Químicas  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
San Luis Potosí, S.L.P. México. C.P. 78320

**RESUMEN:** Se analizó la capacidad de remoción de plomo (II), mercurio (II), cobalto (II) y zinc (II) en solución acuosa por la biomasa del hongo *Aspergillus flavus*. Se

evaluó la bioadsorción a diferentes valores de pH (3.0-8.0) a diferentes tiempos. También se estudió el efecto de la temperatura en el intervalo de 28°C-45°C y la remoción a diferentes concentraciones iniciales de los metales pesados en un rango de 100 a 1000 mg/L. La mayor bioadsorción (100 mg/L del metal y 1 g de biomasa) fue a las 24 h y 165 minutos [únicamente para zinc (II)], en un rango de pH de 4.0-5.5 y 28°C. Con respecto a la temperatura, la más alta remoción fue a los 28°C, a las 24 h, para zinc (II), mercurio (II) y plomo (II), respectivamente, y para cobalto (II) fue a 37°C y 45°C, y a mayores concentraciones de biomasa, la remoción fue más eficiente, por lo que esta biomasa, se puede utilizar para eliminar metales pesados de aguas residuales.

**PALABRAS CLAVE:** *Aspergillus niger*. Biomasa. Metales pesados. Remoción.

## THE USE OF THE BIOMASS OF THE FUNGUS *Aspergillus niger* FOR THE REMOVAL OF HEAVY METALS FROM POLLUTED WATERS

**ABSTRACT:** Lead (II), mercury (II), cobalt (II) and zinc (II) removal capacity in aqueous solution by the *Aspergillus niger* fungal biomass was analyzed. Biosorption was evaluated at different pH (3.0-8.0), at different times. In addition, the effect of temperature in the range of 28°C to 45°C and removal at different initial concentrations of heavy metals from 100 to 1000 mg/L were also studied. The highest biosorption (with 100 mg/L of the metal, and 1 g of biomass) was 24 h and 165 minutes [only for zinc (II)] at pH range between 4.0-5.5, and 28°C. About temperature, the highest removal was to 28°C at 24 h, for zinc (II), mercury (II), and lead (II), respectively, while 37°C and 45°C were for cobalt (II), and at higher biomass concentrations, the removal was most efficient, so this biomass, it can be used to remove heavy metals of wastewater.

**KEYWORDS:** *Aspergillus niger*. Biomass. Heavy metals. Removal.

## 1 INTRODUCCIÓN

Los iones metálicos son muy importantes para la fisiología humana, ya que algunos son esenciales para la vida, mientras que otros, dependiendo de la dosis, pueden ser tóxicos (aunque en dosis altas todos son tóxicos), y la ingestión a largo plazo de pequeñas cantidades de algunos metales pesados produce síntomas crónicos, ya que algunos de éstos, una vez absorbidos, se eliminan parcialmente, y otros se acumulan en el cuerpo humano, depositándose en diferentes órganos, por ejemplo: plomo en los huesos y cadmio principalmente en los riñones e hígado (ALBERT, 2015). Los metales pesados que pueden tener una función toxicológica muy importante están en orden de mayor a menor toxicidad: plomo, cadmio, arsénico, mercurio, cromo, talio, níquel, zinc, hierro, cobre, cobalto, manganeso, molibdeno y bismuto (GONZÁLEZ y RAMÍREZ, 2000). Por otro lado, las posibilidades de intoxicación de los seres vivos con metales pesados, se deben principalmente a la presencia natural de éstos en la naturaleza, en los lugares donde se originan, cerca de minas o ríos, donde son ingeridos por los animales, a través

de los alimentos, y debido a la estrecha relación entre la industria y la agricultura, aumenta el riesgo de contaminación humana. Por ejemplo: a concentraciones muy bajas, el plomo, cadmio y mercurio tienen efectos nocivos. El plomo, cuando se libera al medio ambiente por emisiones industriales y vehículos motorizados, se adhiere a la superficie de las plantas, que pueden ser consumidas por humanos y animales, causando neumonía, pérdida de movilidad muscular, y en niños puede causar una disminución en el coeficiente intelectual, así como alteraciones en el comportamiento (CALDERÓN y MALDONADO, 2008), el mercurio se encuentra principalmente en los mariscos y puede causar excitabilidad, insomnio, problemas de audición, parestesias y ataxia (BELL et al., 2014), mientras que el cobalto puede causar hipotensión, derrame pericárdico, policitemia, vómitos y sordera (ABBAS et al., 2014) y el zinc vómitos, diarrea y dolor abdominal (NASIR et al., 2017).

En México, principalmente en algunos estados como Zacatecas, San Luis Potosí, Guerrero y Sonora), hay reportes de la presencia de metales pesados en una gran variedad de lugares que provienen de todas las fuentes de agua, áreas urbanas, minería y ecosistemas marinos. (COVARRUVIAS y PEÑA, 2017), y se ha reportado que en nuestro país, podría haber millones de toneladas de residuos mineros a nivel nacional, de los cuales aún se desconocen las condiciones y su potencial de afectación al medio ambiente (ALBERT, 2015), siendo el ejemplo más común la contaminación del suelo, que ocurre durante la extracción de metales preciosos (oro y plata), comúnmente hecha por amalgamación con mercurio y cianuración, debido a que nunca hay una recuperación total de los compuestos o elementos agregados, por lo que es común encontrarlos en los residuos del proceso (lodos mineros) en forma soluble (ALBERT, 2015; COVARRUVIAS y PEÑA, 2017), de modo que los lodos mineros contienen una gran cantidad de metales residuales que se derivan de un proceso de extracción que no es 100% eficiente. Y debido a esto, se exceden los límites máximos permisibles de estos metales para suelos y aguas en México, establecidos en la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 (SEMARNAT 2007) y NOM-001-SEMARNAT-1996 (SEMARNAT 2003) respectivamente, a pesar de la legislación vigente sobre eliminación y gestión de residuos.

Por otra parte, en la literatura, hay reportes de la magnitud real del problema, así como para tratar de establecer estrategias para la solución del problema, principalmente con el uso de microorganismos como biosorbentes de diferentes contaminantes (FERNANDEZ et. al., 2018). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue analizar la remoción de plomo (II), mercurio (II), cobalto (II) y zinc (II) en solución acuosa por una cepa de *Aspergillus niger*, resistente a algunos metales pesados.

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 BIOADSORBENTE UTILIZADO Y OBTENCIÓN DE LA BIOMASA FUNGICA

La cepa de *A. niger* utilizada en este trabajo, fue aislada de muestras ambientales de una zona alejada a la Facultad de Ciencias Químicas, de la UASLP (San Luis Potosí, S.L.P., México) (SANTOS et. al., 2017), y se creció en medio mínimo de Lee (MML) (0.25%  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0.20%  $\text{MgSO}_4$ , 0.50%  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 0.50%  $\text{NaCl}$ , 0.25% glucosa y 2% agar), suplementado con 500 mg/L de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . El pH del medio se ajustó a 5.3 con regulador de citratos (100 mMol/L). Las cajas de Petri se incubaron a 28°C durante 7 días. Para la obtención de la biomasa, el hongo se creció a 28°C en medio de caldo tioglicolato (8 g/L p/v), con agitación constante (100 rpm). Después de 7 días de incubación, la biomasa se recuperó por filtración, y se lavó 3 veces con agua tridesionizada, y se secó en una estufa bacteriológica (80°C, 24 h).

### 2.2 ESTUDIOS DE REMOCIÓN DE LOS DIFERENTES METALES PESADOS

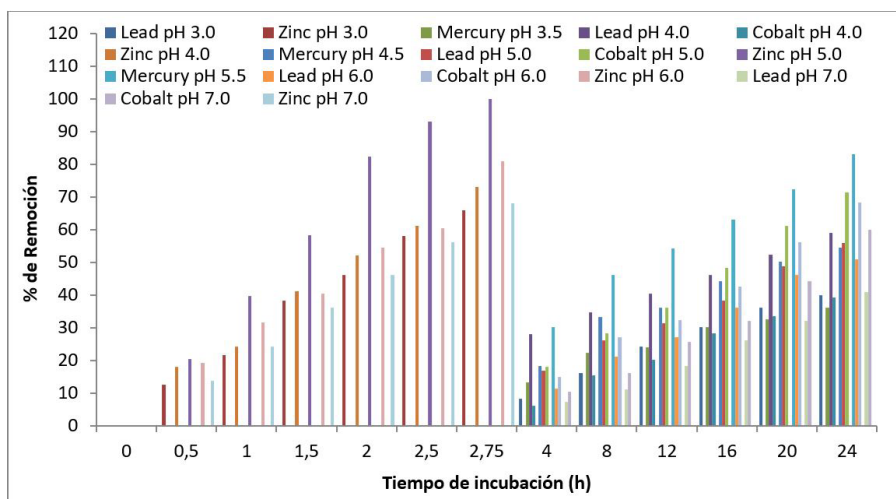
A partir de una solución patrón de cada metal (1 g/L), se prepararon soluciones de trabajo de plomo (II), mercurio (II), cobalto (II) y zinc (II), con un rango de concentración de 100-1000 mg/L, ajustando el pH de las soluciones con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 M. La bioadsorción de los metales pesados por la biomasa fúngica, se determinó a diferentes concentraciones a un volumen de 100 mL de solución con 1 g de biomasa fungica a 28°C y 100 rpm. Posteriormente, se filtro la muestra para eliminar residuos de la biomasa, y en el filtrado se analizó la concentración de metales pesados a diferentes tiempos de incubación. Para la determinación del efecto del pH y temperatura, se utilizaron diferentes soluciones (pH 3-8), temperaturas (28, 37 y 45°C), concentraciones de metales pesados (100-1000 mg/L) y biomasa fungica (1-5 g/100 mL). La concentración de plomo (II) y zinc (II), se determinó por el método de la Ditzona (GREENBERG et. al., 2002), mercurio (II) por Espectrofotometría de Absorción Atómica por generación de hidruros (SSA, 1994), y cobalto (II) por el método de la metilisobutilcetona ((CHARLOT, 1964).

## 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra el efecto del pH y tiempo de incubación sobre la remoción de 100 mg/L de zinc (II), plomo (II), mercurio (II) y cobalto (II) por la biomasa del hongo *A. niger*, observándose que la mayor bioadsorción ocurre a las 24 h de incubación, a un pH de 4.0 para plomo (II), de 5.0 para cobalto (II) y zinc (II), y de 5.5 para mercurio (II). Al respecto, se ha reportado un tiempo de dos semanas y un pH 7.0, para *Macrophomina phaseolina* y *Rizophus stolonifer* para la eliminación de plomo, cadmio, cobre y zinc del

suelo (FAWAZY et al., 2017), 10 días para la eliminación de plomo, cadmio y cromo, en cultivo líquido con *Pleurotus ostreatus* HAAS (YANG 2017), 48 horas para la eliminación de aluminio y níquel en medio líquido con *Rhodotorula mucilaginosa* y *Escherichia coli* (GRUJIC, 2017), la eliminación de cadmio (2.11%), zinc (II) (4.99%) y níquel (II) (29.25%) por células planctónicas de *R. mucilaginosa* después de 48 horas de incubación (GRUJIC et al., 2018), 30 minutos y un pH de 5.0 para la eliminación de plomo en medio líquido con *Alcaligenes* sp. BAPb.1 (JIN, 2017), 5 horas y un pH de 5.0 para la eliminación de plomo, cadmio, cobre y níquel, con *A. niger* (KAPOOR et al., 1999), cuatro días para la eliminación del 97.5% de cobre, 88.2% de cadmio, 26% de plomo y 14.5% de zinc en residuos secos del suelo con *A. niger* durante el proceso de biolixiviación (YANG et al., 2009), 30 minutos y un pH 5.5, para la eliminación de cobre (II) y cadmio (II) en sistemas discontinuos por células inmovilizadas de *A. niger* (TSEKOVA et al., 2010), 120 minutos y pH 2.0, para la eliminación del 90% de cromo (VI) por la biomasa de *A. niger* pretratada con NaOH. Además, la absorción de metales pesados por la biomasa de *A. niger* viva aumenta con el aumento del pH en el rango 3-4 para cadmio (II) y pH 3-6 para zinc (II) a las 6 horas (LIU et al., 2006). La biosorción de metales pesados por hongos ocurre como resultado de la interacción iónica y la formación compleja entre iones metálicos y el grupo funcional presente en la superficie de la célula fúngica (KAPOOR et al., 1999). Estos grupos funcionales que pueden estar involucrados en la biosorción de metales pesados incluyen grupos fosfato, carboxilo, amino y amido (AKHTAR et al., 1996).

Figura 1.- Efecto del pH y tiempo de incubación sobre la remoción de diferentes metales pesados por *A. niger*. 100 mg/L of metales pesados, 100 rpm, 28°C y 1.0 g de biomasa fúngica.

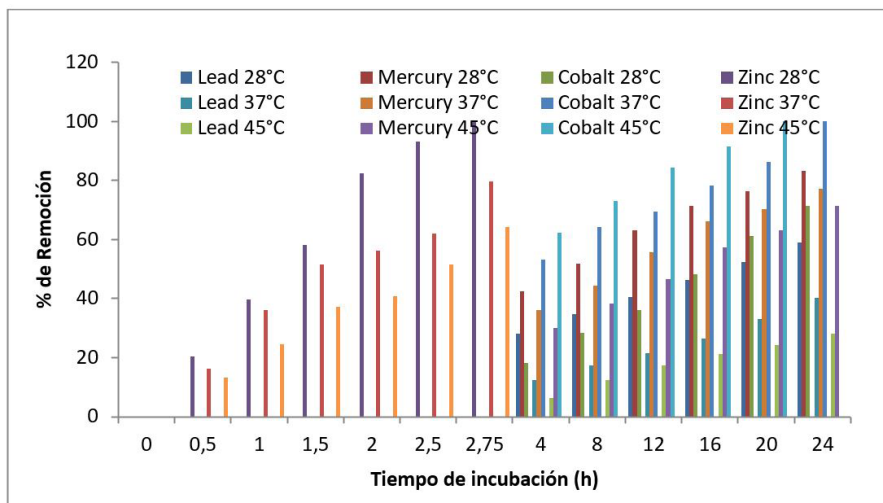


En la Figura 2 se observa el efecto de la temperatura sobre la remoción de los metales pesados, encontrando que la mayor capacidad de remoción se observó a los 28°C,



con porcentajes de remoción de 100%, 83% y 59%, para zinc (II), mercurio (II) y plomo, respectivamente, y con respecto al cobalto se observó un 100% de remoción a 37°C y 45°C. Estos resultados son similares a los reportados con *M. phaseolina* y *R. stolonifer* para la eliminación de plomo, cadmio, cobre y zinc del suelo a temperatura ambiente (FAWZY et al., 2017), 30°C para la eliminación de cobre, cadmio, plomo y zinc en residuos de suelo seco con *A. niger* durante el proceso de biolixiviación (YANG et al., 2009), 25°C para la eliminación de cobre (II) y cadmio (II) en sistemas discontinuos por células inmovilizadas de *A. niger* (TSEKOVA et al., 2010), 30°C para la lixiviación de metales de un catalizador utilizado por *Alternaria alternata* (ROJAS et al., 2017), 28°C para la biosorción de arsénico (III) en solución acuosa por la biomasa fúngica modificada de *A. niger* (SANTOS et al., 2017) y 28°C para la bioremoción de arsénico (V) de soluciones acuosas por biomasa modificada químicamente de los hongos: *Aspergillus flavus* III, IV y V, *Aspergillus fumigatus* I – II, *Paecilomyces* sp., *Cladosporium* sp. y *Mucor* sp-1 y 2 (CÁRDENAS et al., 2017). La temperatura del medio de adsorción podría ser importante para los mecanismos dependientes de la energía en la biosorción de metales por microorganismos. Los mecanismos independientes de la energía tienen menos probabilidades de verse afectados por la temperatura, ya que el proceso responsable de la biosorción es en gran parte de naturaleza fisicoquímica (POKHEL y VIRARAGHAVAN, 2006).

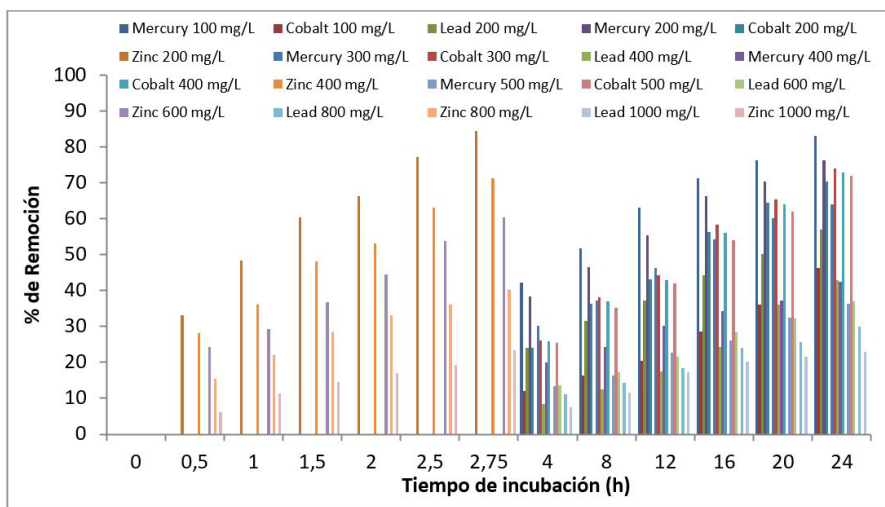
Figura 2.- Efecto de la temperatura de incubación sobre la remoción de diferentes metales pesados por *A. niger*. 100 mg/L of metales pesados, 100 rpm, pH 4.0 para plomo (II), pH 5.0 para zinc (II) y cobalto (II), pH 5.5 para mercurio (II) y 1.0 g de biomasa fúngica.



Además, la concentración inicial de los metales pesados influye en su remoción, pues a bajas concentraciones la remoción es más eficiente observando que a los 165

minutos y 24 h con 200 ppm del metal, los porcentajes de remoción son de 84.5%, 76.3%, 70.4%, y 57.0%, para zinc (II), mercurio (II), cobalto (II), y plomo (II), respectivamente (Figure 3), y el porcentaje de remoción disminuye cuando se aumentan las concentraciones de los metales analizados. Al respecto, se ha reportado que la eliminación óptima de arsénico (V) y arsénico (III) de las aguas residuales por la biomasa de *A. niger* recubierta con óxido de hierro se puede lograr con una concentración más baja de arsénico en solución (POKHEL y VIRARAGHAVAN, 2006), para la biosorción de arsénico (III) en solución acuosa por la biomasa fúngica modificada de *A. niger* (SANTOS et al., 2017), con *R. mucilaginosa* para la eliminación de cobre (GRUJIC et al., 2017), la eliminación de cromo (VI) por *A. niger* aislado del aire contaminado cerca de la Facultad de Ciencias Químicas, UASLP (San Luis Potosí, México) (ACOSTA et al., 2017), y cepas de *Yarrowia* aisladas de sedimentos de agua de estuarios contaminada con mercurio (SALVADORI et al., 2014). Por otro lado, la cantidad adsorbida de iones de cadmio (II) y zinc (II) aumenta al aumentar las concentraciones iniciales de iones metálicos en el rango de 25-250 mg/L, para la biosorción de metales pesados por *A. niger* in vivo (LIU et al., 2006), que puede deberse a la sorción a bajas concentraciones, pero a concentraciones más altas, posiblemente cuando las posiciones positivas estaban saturadas, se produce precipitación (que es un proceso más lento) (LEYVA, 2010).

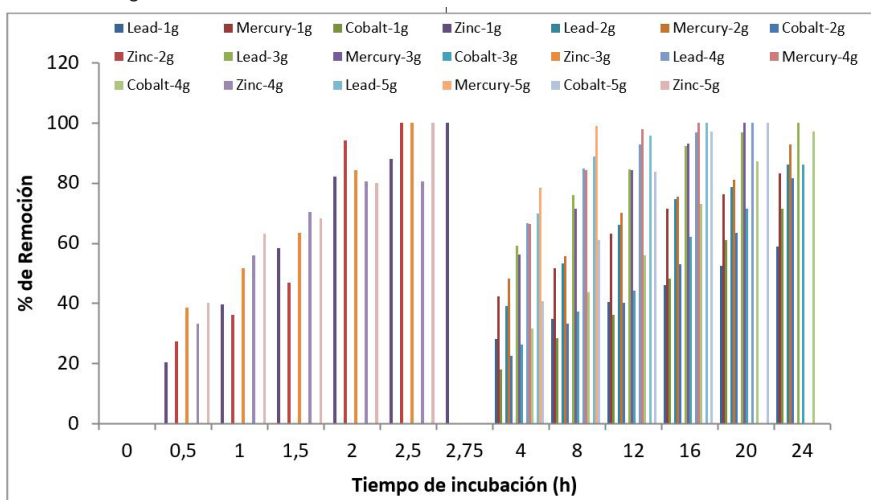
Figura 3.- Efecto de la concentración inicial de los metales sobre la remoción de los mismos por *A. niger*. 100 rpm, pH 4.0 para plomo (II), pH 5.0 para zinc (II) y cobalto (II), y pH 5.5 para mercurio (II), 28°C y 1.0 g de biomasa fúngica.



Por otro lado, 1 g de biomasa fúngica remueve 100%, 83.2%, 71.4% y 59%, de zinc (II), mercurio (II), cobalto (II), y plomo (II), a los 165 minutos y 24 h de incubación, respectivamente, mientras que con 5 g de biomasa el tiempo de remoción es menor para los cuatro metales analizados (Figure 4). Estas observaciones pueden explicarse porque

la cantidad de bioadsorbente agregado determina la cantidad de sitios disponibles para la biosorción de los iones o cualquier contaminante metálico (KRATOCHVIL y VOLESKY, 1998). Se han reportado resultados similares para la eliminación de plomo en medio líquido con *Alcaligenes* sp. BAPb.1, en el cual el porcentaje de biosorción aumentó rápidamente de 28 a 90% con una concentración de biosorbente que aumentó de 0.5 a 2.0 g/L (JIN et al., 2017), para la eliminación de cromo (VI) por *A. niger* aislado del aire contaminado (ACOSTA et al., 2017), para la eliminación de cobre (II) y cadmio (II) en sistemas discontinuos por células inmovilizadas de *A. niger* (TSEKOVA et al., 2010). Como tendencia general, se observó un aumento del porcentaje de eliminación al aumentar la concentración del adsorbente de 0.1 a 0.3 g/L (TSEKOVA et al., 2010), para la biosorción de arsénico (III) en solución acuosa en 1, 2, 3, 4 y 5 g de biomasa fúngica modificada de *A. niger* (SANTOS et al., 2017), en la biosorción de cobalto (II) de soluciones acuosas con paja de arroz, cuando la dosis de adsorbente varió de 0.1 a 1.0 g (SWELAM et al., 2017), con hidrogeles de quitosano puro y modificado de la cáscara de camarón en la adsorción de cobre en solución ácida con concentraciones crecientes de biosorbente (1, 2, 3, 4, 4.5 y 5 g) (SÁNCHEZ et al., 2017). Sin embargo, la capacidad de absorción de cromo (VI) por biomásas fúngicas pretratadas con NaOH disminuye con el aumento de la concentración de biomasa (KUMAR 2008). También, el porcentaje de eliminación de zinc de la levadura *Pichia kudriavzevii* A16, no mejoró significativamente cuando la concentración inicial de biomasa se elevó de 0.05 a 1 g/L (LI et al., 2016), y para *S. cerevisiae* (BCRC23331), cuya capacidad de biosorción de níquel (II) disminuye con el aumento de la dosis de adsorbente (NGUYEN y RUEY-SHIN, 2015).

Figura 4.- Efecto de la concentración inicial de la biomasa fungica sobre la remoción de diferentes metales pesados por *A. niger*. 100 rpm, pH 4.0 para plomo (II), pH 5.0 para zinc (II) y cobalto (II), y pH 5.5 para mercurio (II), 28°C y 1.0 g de biomasa fúngica.



## 4 CONCLUSIONES

La biomasa analizada mostró una gran capacidad de biosorción de 100 mg/L de zinc (II), plomo (II), mercurio (II) y cobalto (II) en solución a las 24 h de incubación, a 28°C, 100 rpm con 1 g de biomasa. Estos resultados sugieren su potencial aplicabilidad para la remediación de algunos metales pesados de agua y suelos contaminados. Además, en el proceso de eliminación de estos metales, es necesario trabajar para determinar la distribución y diversidad de las comunidades microbianas en presencia de éstos con el fin de emplearlos para la biorremediación de estos contaminantes tóxicos, solos o en combinación para una mayor eficiencia. Además, algunos hongos biosorbentes de metales pesados también eliminan otros metales como el cromo (VI) y arsénico (III y V) (ACOSTA-RODRÍGUEZ et. al., 2017; Santos et. al., 2017), lo que confirma la capacidad de esta biomasa para ser utilizada en la biorremediación de metales pesados.

## REFERENCIAS

ABBAS, S.H.; ISMAIL, I.M.; Mostafa, T.M.; SULAYMON, A.H. Biosorption of heavy metals: A Review. *Journal of Chemical Science and Technology*. 3(4): 74-102. 2014.

ACOSTA-RODRÍGUEZ, I.; CÁRDENAS-GONZÁLEZ, J.F.; MOCTEZUMA ZÁRATE, M.G.; RODRÍGUEZ-PÉREZ, A.; Martínez-Juárez. V.M. Hexavalent Chromium (VI) Removal by *Aspergillus niger*. In: "Metal-microbe interactions and bioremediation: Principles and applications for toxic metals". Editor: Surajis Das. CRS Press Book. Taylor Francis. Chapter 42, pp. 673-688. ISBN: 9781498762434 (ebook). 2017.

ALBERT, L. Gestión de los productos químicos. En: México Tóxico. Lilia A. Albert y Marisa Jacott, eds. 1ª. Ed. XXI Siglo veintiuno editores. México. Cap. 1. pp. 21-37. 2015.

AKTHAR, M.N.; SASTRY, K.S.; MOHAN, P.M. Mechanism of metal ion biosorption by fungal biomass. *Biometals*. 9: 21-28. 1996.

BELL, L.; DIGANGI, J.; WEINGERG, J. Introducción a la contaminación por mercurio y al convenio de Minamata sobre mercurio para las ONG. Red Internacional de Eliminación de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (IPEN). 23-35. 2014.

CALDERÓN SALINAS, V.; MALDONADO VEGA, M. Contaminación e intoxicación por plomo. 1ª. Ed. Cap. 2. pp. 13-17. 2008.

CÁRDENAS-GONZÁLEZ, J.F.; ACOSTA-RODRÍGUEZ, I.; TERÁN-FIGUEROA, Y.; RODRÍGUEZ-PÉREZ, A.S. Bioremoval of arsenic (V) from aqueous solutions by chemically modified biomass. 3 *Biotech*. 7(226), 1-6. 2017.

CHARLOT, G. Colorimetric Determination of Elements. (trad. de 12.ª ed. francesa) Elsevier Publishing Company - Amsterdam - London - New York, pp. 449. 1964.

COVARRUBIAS, S.A.; Peña Cabrales, J.J. Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 33:7-21. 2017.

- FAWZY, E.M.; ABDEL-MOTAAL, F.F.; SOAD A.; EL-ZAYAT, S.A. Biosorption of Heavy Metals onto Different Eco-Friendly Substrates. *Journal of Bioremediation and Biodegradation*. 8(3): 1-7. 2017.
- FERNÁNDEZ, P.M.; VINARTA, S. C.; BERNAL, A.R.; CRUZ, E.L.; FIGUEROA, L.I.C. Bioremediation strategies for chromium removal: Current research, scale-up approach and future perspectives. *Chemosphere*, 208: 139-148. 2018.
- GONZÁLEZ AGUILAR, D.; RAMÍREZ ÁLVAREZ, A. Metales Tóxicos. En: *Genética, ambiente y Salud*. Carlos Álvarez Moya, ed. 2ª. Ed. Universidad de Guadalajara, México. Cap. 8, pp.151-159. 2001.
- GREENBERG, A.E.; CLESCERI, L.S.; Eaton, A.D. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 18th ed. American Public Health Association, Washington, DC, pp. 3.58–3.60, 3-83, 3-119, 1-49. 1992.
- GRUJIC, S.; VASIC, S.; RADOVEVIC, I.; COMIC, L.; OSTOJIC, A. Comparison of the *Rhodotorula mucilaginosa* biofilm and planktonic culture on heavy metal susceptibility and removal potential. *Water Air Soil Pollution*. 228(73): 1-8. 2017.
- GRUJIC, S.M.; RADOJEVIC, I.D.; SAVA, M.; VASIC, S.M.; ČOMIC, L.R. ALEKSANDER, M.; OSTOJIX, A.M. Heavy metal tolerance and removal efficiency of the *Rhodotorula mucilaginosa* and *Saccharomyces boulardii* planktonic cells and biofilms. *Kragujevac Journal of Sciences*. 40: 217-226. 2018.
- JIN, Y.; YU, S.; TENG, CH.; SONG, T.; DONG, L.; LIANG, J.; BAI, X.; XU, X.; QU, J. Biosorption characteristic of *Alcaligenes* sp. BAPb.1 for removal of lead (II) from aqueous solution. *3 Biotech*. 7(123): 1-12. 2017.
- KAPOOR, A.; VIRARAGHAVAN, T.; CULLIMORE, D.R. Removal of heavy metals using the fungus *Aspergillus niger*. *Bioresource Technology*. 70: 95-104. 1999.
- KRATOCHVIL, D.; VOLESKY, B. Advances in the biosorption of heavy metals. *Review Tibtech*: 16: 291-300. 1988.
- KUMRA, R.; BISHNOI, N.; GARIMA, R.; BISHNOI, K. Biosorption of Chromium (VI) From Aqueous Solution and Electroplating Wastewater Using Fungal Biomass. *Chemical Engineering Journal*. 135: 202-208. 2008.
- LEYVA-RAMOS, R. Fundamentos de adsorción en sistemas líquido-sólido. Situación del arsénico en la Región Ibérica e Iberoamericana. Posibles acciones articuladas e integradas para el abatimiento del arsénico en zonas aisladas. CYTED, Argentina. Chapter 3, pp. 43. 2010.
- LI, X.; ZHANGA, D.; SHENG, F.; QUINGA, H. Adsorption characteristics of Copper (II), Zinc (II) and Mercury (II) by four kinds of immobilized fungi residues. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 147: 357-366. 2018.
- LIU, Y.G.; FAN, T.; ZENG, G.M.; LI, X.; TONG, Q.; YE, F.; ZHOU, M.; XU, W.H.; HUNG, Y.E. Removal of Cadmium and Zinc Ions from Aqueous Solution by Living *Aspergillus niger*. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 16:681-686. 2006.
- NASIR, M.; ANSARI, T.M.; YASIN, G.; SHOAIB, M., MUDASSIR, M.A.; KHAN, A.A. Bioaccumulation of zinc in *Rana tigrina* in different aquatic habitats. *African Journal of Biotechnology*. 16 (17): 921-927. 2017.
- NGUYEN, M.L.; RUEY-SHIN, J. Modification of cross linked chitosan beads with histidine and *Saccharomyces cerevisiae* for enhanced Ni(II) biosorption. *Journal Taiwan Institute of Chemical Engineering*. 56: 96-102. 2015.

POKHEL, D.; VIRARAGHAVAN, T. Arsenic removal from an aqueous solution by a modified fungal biomass. *Water Research*. 40: 549-552. 2006.

ROJAS-AVELIZAPA, N.G.; OTAMENDI-VALDEZ, J.; GÓMEZ-RAMÍREZ, M. Metal leaching from a spent catalyst by *Alternaria alternata*. *Mexican Journal of Biotechnology*. 2(2): 221-231. 2017.

SALVADORI, M.R.; OLLER DO NASCIMENTO, R.A.; BENEDITO, C.A.; Correa, B. Intracellular biosynthesis and removal of copper nanoparticles by dead biomass of yeast isolated from the wastewater of a mine in the Brazilian Amazonia. *PLOS ONE*: 9: 1-9. 2014.

SÁNCHEZ-DUARTE, R.G.; MARTÍNEZ-MACÍAS, M.R.; CORREA-MURRIETA, M.A.; SALDIVAR-CABRALES, J., SÁNCHEZ-MACHADO, D.I.; LÓPEZ-CERVANTES, J. Síntesis de hidrogeles de quitosano a partir de cáscara de camarón para ensayos de bioadsorción de cobre. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 33: 93-98. 2017.

SANTOS DOMÍNGUEZ, E.E.; CÁRDENAS J.F.; TORRE, M.E., MARTÍNEZ, V.M.; RODRÍGUEZ, A.; ACOSTA, I. Bioadsorción de Arsénico (III) en solución acuosa por la biomasa modificada de *Aspergillus niger*. *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 8(2). 1-10. 2017.

SEMARNAT. NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-001-SEMARNAT 1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación. 23 abril 2003.

SEMARNAT. NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM- 147-SEMARNAT/SSA1-2004. Que establece los criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación. 2 de marzo de 2007.

SWELAM, A.A.; AWAAD, M.B.; SALEM, A.M.A.; EI-FEKY, A.S. Biosorption of Cobalt(II) Ions from Aqueous Solution using Rice Straw and its Modification. *Journal of Science Engineering Research*. 4(1): 121-129. 2017.

TSEKOVA, K.; TODOROVA, D.; GANEVA, S. Removal of heavy metals from industrial wastewater by free and immobilized cells of *Aspergillus niger*. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 64: 447-451. 2010.

YANG, S.; SUN, X.; SHEN, Y.; CHANG, CH.; GUO, E.; LA, G.; ZHAO, Y.; LI, X. Tolerance and removal mechanisms of heavy metals by the fungus *Pleurotus ostreatus* HAAS. *Water Air Soil Pollution*. 228(130): 1-9. 2017.

## SOBRE O ORGANIZADOR

**Leinig Antonio Perazolli** possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (1986), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (1991) e doutorado em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1996). Atualmente é professor Livre Docente III do Instituto de Química - Unesp / Araraquara. Tem experiência na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica com estudos de Sinterização de Cerâmicos e obtenção de Foto catalisadores Cerâmicos e na área de História da Ciência com ênfase em Química e Engenharia Química. Atua na área de pesquisa nos seguintes temas: óxido de titânio, óxido de estanho, sinterização, voltados para a foto catálise e cerâmicas eletrônicas. Na área de extensão universitária desenvolve trabalhos sobre História da Ciência e da Engenharia Química e sobre a Química das Coisas. Leciona disciplinas na área de Química Tecnológica, Engenharia Química e História da Ciência.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Absorción 106, 107, 110, 142, 171, 176, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 188  
Aceite 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 169  
Aguacate 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158  
Aislación térmica 114, 115, 117, 120, 131, 132  
Análisis 1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 16, 20, 23, 24, 26, 30, 32, 69, 86, 87, 89, 90, 95, 116, 129, 131, 134, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 144, 162, 163, 167, 173, 186, 188, 189  
Antimicrobiana 134, 135, 136, 148, 158, 161, 169  
Apatita 186, 187, 188, 189, 191  
Aplicaciones 43, 160  
A-site substitutions 227  
Aspergillus niger 103, 104, 105, 111, 112, 113  
Avaliação 47, 58, 59, 63, 64, 66, 67, 68, 250, 253, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 264, 265, 268, 273, 278, 279

### B

BiFeO<sub>3</sub> 227, 228, 231, 232, 233  
Biomasa 103, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 160

### C

Climas cálidos 114, 117, 129, 130  
Cohesión social 69  
Combustíveis renováveis 214  
Composición proximal 160, 168  
Compresión 121, 171, 172, 173, 174, 175, 182, 183, 184  
Consumidor ético 1, 2, 7, 11, 14  
Consumo energético 114, 115, 116, 117, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 217  
Consumo ético 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16  
Consumo responsable 1  
Contaminación Difusa 18, 19, 22, 33  
Control interno 89, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102  
Cuprita 134, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145



## D

Densidad 166, 171, 175, 177, 179, 180, 182, 183, 193, 197, 206, 207, 211, 238, 239, 243, 245, 246

Deposição eletroforética 234, 235, 237, 240, 248

Desarrollo 8, 18, 20, 21, 32, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 69, 70, 75, 76, 77, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 102, 149, 153, 154, 155, 167, 170, 171, 172, 176, 179, 187

Difusão 207, 234, 235, 241, 243, 245, 254

Difusão de Cromo 235

## E

Ecosistemas de Emprendimiento 36, 37, 38

Emancipatória 47, 58, 59, 64, 66, 68

Emprendimiento 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Espectroscopia 200, 251, 253, 268

Etanol 214, 215, 216, 217, 221, 222, 224, 225

Ética del consumo 1

Extração líquido-líquido 214, 218, 221, 222, 223, 224, 225

## F

Ferric properties 227

Flotación 186, 187, 188, 189, 190, 191

## G

Glioma 250, 251, 252, 253, 254, 267, 268, 269

Glioma Astrocítico 251

## I

Imagem de Perfusão 251

## M

Materiais compósitos com matriz de alumínio 193, 194

Metales pesados 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111

Moringa oleífera Lam 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 167, 168, 169

Municipios locales 89

## N

Normas 1, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 89, 95, 97, 100, 102

## O

Óxido 109, 134, 135, 136, 137, 145, 146, 196, 235

Óxido de estanho 235

## P

Percepção 6, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 79, 81, 82, 83, 84, 87, 88

Perfusão 251, 253, 254, 255, 256, 258, 259, 261, 264, 265, 267, 268

Permeabilidade Capilar 251

Porosidad 171, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184

Potencialidades 65, 147, 148, 149, 169

Procedimiento LU-IV 18, 19, 20, 21, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 32

## Q

Quelônios marinhos 270, 271, 275

## R

Relave 186, 188, 189, 191, 192

Remoción 98, 100, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110

Resíduos de mineração 194

Ressonância Magnética 250, 251, 253, 254, 268

Roca 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 182, 183, 184

## S

Santander 36, 37, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 186

Semillas 147, 155, 159, 160, 161, 162, 164, 169

SIG 18, 20, 270, 272

Sinerização Microondas Varistores 235

Sinterização 193, 194, 196, 197, 206, 207, 208, 210, 211, 234, 236, 237, 240, 241, 243, 244, 245, 246, 249

Sistemas de Información Geográfica 19, 20

Staphylococcus aureus 134, 135, 136, 142, 144, 145, 146

## T

Tecnologias 47, 49, 52, 53, 57, 59, 60, 67, 68, 79, 83, 120, 145, 184

## U

Unidades de Conservação 270, 272, 273, 274, 276, 277

UNIFAC 214, 215, 218, 219, 221

Universidad compleja 69, 88

## Z

Zonas Vulnerables a la Contaminación por Nitrato (ZVN) 18, 19