

NANOCIÊNCIAS E NANOTECNOLOGIA:

Pesquisa e Aplicações

Juan Ramón Collet-Lacoste
(Organizador)



**EDITORIA
ARTEMIS**

2022

NANOCIÊNCIAS E NANOTECNOLOGIA:

Pesquisa e Aplicações

Juan Ramón Collet-Lacoste
(Organizador)



EDITORA
ARTEMIS

2022



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. Juan Ramón Collet-Lacoste
Imagem da Capa	Liuzishan/123RF
Bibliotecária	Janaina Ramos – CRB-8/9166

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 Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF
Prof.^a Dr.^a 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.^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 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.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. 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. 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 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. Universidade de São Paulo (USP), Brasil
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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

N186 Nanociências e nanotecnologia: pesquisa e aplicações /
Organizador Juan Ramón Collet-Lacoste. – Curitiba-
PR: Artemis, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-87396-66-8

DOI 10.37572/EdArt_290822668

1. Nanociência. 2. Nanotecnologia. 3. Pesquisa. I.
Collet-Lacoste, Juan Ramón (Organizador). II. Título.

CDD 620.5

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166



PRÓLOGO

Las propiedades particulares de las Nps, muy diferentes en muchos aspectos a las de sus sólidos masivos, han abierto nuevos campos de estudio e investigación a todo nivel: teóricos y aplicados. Son más inestables que los sólidos masivos de los que se diferencian principalmente por su estructura electrónica que no suele ser continua. Esto es una ventaja a nivel de su reactividad y suelen presentar superficies específicas altas que son muy propicias para los procesos de catálisis, un ingrediente muy importante en los procesos cinéticos. Otra propiedad interesante es que no presentan defectos estructurales en su volumen como vacancias o dislocaciones, a diferencia de sus correspondientes sólidos masivos.

Las presentes monografías forman parte del título: “Nanociências e Nanotecnologia: Pesquisa e Aplicações”. Los artículos están ordenados de lo más general (e.g., producción y caracterización de las Nps) a los relacionados con aplicaciones prácticas (e.g., foto catálisis y a su relación principalmente con aplicaciones de origen biológico).

Estos muestran la potencialidad de las nanotecnologías en la comprensión de nuevas aplicaciones en campos tan variados como la catálisis, fotocatálisis, bio-remediación, contaminantes, ambientes acuáticos, antisépticos, bactericidas, virucidas, compuestos bio-activos, biosíntesis extracelular e intracelular, estudio de suelos, vegetales y probióticos, etc.

Juan Ramón Collet-Lacoste

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

THE FOLLOWING NEW CONSIDERATIONS ON THE FINKE CHEMICAL MECHANISM OF NANOPARTICLE SYNTHESIS FOR TRANSITION METALS

Juan Ramón Collet-Lacoste

Jorge Javier Acosta

Pablo César Favilla

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226681

CAPÍTULO 2.....28

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE NANOESTRUTURAS DE $Ce_{1-x}Pr_xO_2$

Ana Cristina Tolentino Cabral

Isabela Cristina Fernandes Vaz

Francisco Moura Filho

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226682

CAPÍTULO 3..... 39

SÍNTESE E SEPARAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA USANDO POLIVINILPIRROLIDONA EM DIMETILFORMAMIDA

Celly Mieko Shinohara Izumi

Beatriz Rocha de Moraes

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226683

CAPÍTULO 4..... 49

REDUÇÃO DO ÓXIDO DE GRAFENO VIA RADIAÇÃO IONIZANTE

Solange Kazumi Sakata

Raynara Maria Silva Jacovone

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226684

CAPÍTULO 5..... 61

APLICAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS E BIMETÁLICAS EM FOTOCATÁLISE

Luelc Souza da Costa

Rômulo Batista Vieira

Diego Rodrigues de Carvalho

Elayne Valério Carvalho

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226685

CAPÍTULO 6.....87

COMPLEX OXIDATION OF TMB CATALYZED WITH PEROXIDASE-LIKE AU NANOPARTICLES

Zhiming Liu

Wenjian Wu

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226686

CAPÍTULO 7..... 98

USE OF NANOPARTICLES IN THE DEGRADATION OF CONTAMINANTS IN AQUATIC ENVIRONMENTS

Janet Jan-Roblero

Juan A. Cruz-Maya

Axel A. Treviño-Trejo

Oliver Navarrete-Godínez

Hugo A. Álvarez-Hernández

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226687

CAPÍTULO 8..... 108

SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS DE SULFURO DE CADMIO MEDIANTE UN SISTEMA ACUOSO DE BIOMASA FÚNGICA

Norma Gabriela Rojas Avelizapa

María Oliva Hernández Jiménez

Luz Irene Rojas Avelizapa

Héctor Paul Reyes Pool

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226688

CAPÍTULO 9..... 116

ESTUDIO DE LAS NANOPARTÍCULAS DE SULFURO DE CADMIO OBTENIDAS A PARTIR DE BIOMASA Y EXTRACTOS FÚNGICOS DE *Fusarium oxysporum*

Diana Alexandra Calvo Olvera

José Daniel Aguilar Loa

Norma Gabriela Rojas Avelizapa

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226689

CAPÍTULO 10.....126

ELABORATION OF AN ANTISEPTIC GEL BASED ON BIOACTIVE COMPOUNDS OF *ORIGANUM VULGARE* AND *ALOE VERA* ENCAPSULATED IN SiO₂ Y ZnO-SnO₂ NANOPARTICLES FOR CONTROLLED RELEASE

Guadalupe Luna Cedillo

Francisco Javier Tzompantzi Morales

Sandra Luz Hernández Valladolid

Juan Manuel Padilla Flores

 https://doi.org/10.37572/EdArt_29082266810

CAPÍTULO 11.....135

Bacillus thuringiensis AND *Micromonospora echinospora* IN *Lactuca sativa* OPTIMIZE NITROGENOUS FERTILIZER WITH A CRUDE EXTRACT OF CARBON NANOPARTICLES

Juan Luis Ignacio-De la Cruz

Juan Manuel Sánchez-Yañez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_29082266811

SOBRE EL ORGANIZADOR.....143

ÍNDICE REMISSIVO 144

CAPÍTULO 8

SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS DE SULFURO DE CADMIO MEDIANTE UN SISTEMA ACUOSO DE BIOMASA FÚNGICA¹

Data de submissão: 30/05/2022

Data de aceite: 14/06/2022

Norma Gabriela Rojas Avelizapa

Centro de Investigación en
Ciencia Aplicada en
Tecnología Avanzada del
Instituto Politécnico Nacional
Unidad Querétaro, México
Laboratorio de Biotecnología
Ambiental Querétaro
Querétaro- México
<https://orcid.org/0000-0001-5349-4612>

María Oliva Hernández Jiménez

Centro de Investigación en
Ciencia Aplicada en
Tecnología Avanzada del
Instituto Politécnico Nacional
Unidad Querétaro, México
Laboratorio de Biotecnología
Ambiental Querétaro
Querétaro- México
CV

Luz Irene Rojas Avelizapa

Universidad de Veracruz
Facultad de Ciencias
Biológicas Agropecuarias
Laboratorio de
Biotecnología Microbiana
Región Orizaba, Córdoba-México
<https://orcid.org/0000-0003-2224-3663>

¹ El proyecto A1-S-31777 fue financiado por el Fondo Sectorial de Investigación para la Educación, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)

Héctor Paul Reyes Pool

Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Departamento de Investigación y
Posgrado, Querétaro
Querétaro- México
<https://orcid.org/0000-0002-6742-3839>

RESUMEN: La síntesis de nanopartículas de sulfuro de cadmio (NPs CdS) ha sido ampliamente estudiada debido a las diversas aplicaciones a las que pueden ser destinadas debido a sus propiedades fisicoquímicas, no obstante, aunque los métodos biológicos para su síntesis han sido prometedores, aún presentan algunas limitaciones para obtener y caracterizar las nanopartículas empleando técnicas verdes por lo que es importante indagar nuevas estrategias para la síntesis de NPs CdS y facilitar su caracterización. El objetivo de este trabajo fue sintetizar nanopartículas de CdS utilizando un extracto acuoso de la biomasa de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, del cual se evaluó su poder reductor mediante la técnica FRAP para posteriormente caracterizar la solución coloidal de los nanopartículas mediante espectrofotometría UV-Vis y Fluorescencia, Potencial Zeta, Microscopía Electrónica de Barrido y Microscopía Electrónica de Transmisión con un sistema EDS. Los resultados evidenciaron que el extracto acuoso del hongo produce NPs CdS esféricas de tamaño promedio de 2.38 nm y PZ de -6.6

mV. Lo anterior indica que el método desarrollado permite la síntesis de NPs CdS, mismas que, por sus características, pueden considerarse como amigables con el ambiente y con potencial aplicación en forma directa.

PALABRAS CLAVE: Puntos cuánticos. Extracto. Hongo.

SYNTHESIS OF NANOPARTICLES BY A FUNGAL BIOMASS AQUEOUS SYSTEM

ABSTRACT: The synthesis of cadmium sulfide nanoparticles (CdS NPs) has been studied deeply due the possibility of using them in several applications that allows taking advantages of their physicochemical properties. Therefore, biological methods of synthesis have been promising to develop new strategies of nanoparticles production, however, they present some limitations compared with common methods that include large quantities of reagents, and for this reason, it is important to improve the strategies for CdS NPs synthesis in order to use them in colloidal solutions and making easier their characterization. The aim of this work was to synthesize CdS nanoparticles using an aqueous extract of the *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* biomass which reducing power was evaluated by FRAP. Subsequently, the nanoparticles colloidal solution was characterized by UV-Vis and Fluorescence Spectrophotometry, Zeta Potential, Scanning Electronic Microscopy and Transmission Electron Microscopy with an EDS system. Results showed that the aqueous fungal extract produces spherical CdS NPs with mean size of 2.38 nm and a PZ value of -6.6 mV. This indicates that the developed method is able to synthesize CdS NPs, which, due their characteristics, are ecofriendly and could be used directly for applications.

KEYWORDS: Quantum dots. Extract. Fungi.

1 INTRODUCCIÓN

La síntesis de nanopartículas de CdS (NPs CdS) es de gran relevancia debido a sus aplicaciones en biosensores, en bioimágenes, celdas solares, fotocátalisis, etc., y son de gran interés aquellas que son denominadas como puntos cuánticos ya que debido a su tamaño (de 1-10 nm) presentan fisicoquímicas que les permiten ampliar las aplicaciones a las que pueden ser destinadas. Con el objetivo de emplearlas para diversos fines, se han buscado alternativas para su síntesis, ya que las metodologías comunes incluyen el uso de diversos reactivos químicos tóxicos en altas concentraciones; en su lugar se pueden emplear microorganismos como bacterias y hongos (Kuppusamy et al., 2016; Moghaddam, 2015). En particular, el uso de la biomasa fúngica presenta un potencial muy valioso para obtener compuestos bioactivos naturales estructuralmente complejos, pero por lo general, el excedente de materia orgánica de nanopartículas en solución, dificulta la caracterización y genera pérdidas de nanopartículas al adherirse a la misma. Por otro lado, el mecanismo de biosíntesis de las nanopartículas de semiconductores implica la reducción de metales inorgánicos en la solución, mediado por enzimas como

nitrito y sulfato reductasa presentes en la mayoría de las especies fúngicas (Hamedi et al., 2017; Khandel & Kumar, 2018). No obstante, es posible extraer los compuestos químicos de la biomasa y dada la naturaleza química de éstos, se pueden usar como agentes reductores para sintetizar nanopartículas, que, a su vez, representen una mejora de la síntesis biológica comúnmente usada, la cual involucra el uso de biomasa fúngica húmeda (Husseiny et al., 2015; Sandoval et al., 2017).

2 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la síntesis de nanopartículas de CdS, se empleó el extracto acuoso, el cual se preparó a partir de la biomasa seca de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Hernández, 2021), posteriormente se analizó su poder reductor mediante la técnica FRAP, la cual fue desarrollada por Oyaizu, (1986), con algunas modificaciones (Hernández, 2021), utilizando ácido ascórbico como control positivo. Una vez habiendo analizado la capacidad del extracto de reducir el complejo TPTZ III a II, se tomaron 6 mL de extracto para ponerlos en contacto con una solución de $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ 1 mM y 0.6 g de azufre residual proporcionado por el Instituto Mexicano del Petróleo (México), la mezcla de reacción se dejó incubando durante 24 h a 150 rpm y 30 °C, para después filtrar al vacío y caracterizar la solución coloidal mediante Espectrofotometría de Fluorescencia, considerando los siguientes parámetros: lecturas del espectro cada 1-2 nm, longitud de excitación de 365 nm, apertura del slit de excitación y de emisión de 2.5 nm y tiempo de integración de 0.5 s (Sandoval et al., 2017). Asimismo, mediante la técnica de Espectrofotometría de Ultravioleta-Visible, se realizó un barrido de 200 a 800 nm con resolución de 1 nm. Para ambas determinaciones, se empleó un control biológico (con extracto fúngico y agua), así como un control inorgánico (con azufre residual y solución de nitrato de cadmio).

La estabilidad coloidal de la solución de nanopartículas se evaluó con un Analizador de partículas (Litesizer 500) empleando una celda omega, la cual permite crear campos eléctricos en la posición de la medición, lo que resulta en mediciones reproducibles del potencial zeta (Anton Paar GmbH, 2020).

Por último, la morfología y el tamaño de las nanopartículas se evaluaron mediante Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM) y Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), ambos instrumentos tienen un sistema de Espectroscopia de Rayos X por Energía Dispersiva (EDS) para determinar la composición elemental de las nanopartículas sintetizadas.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando los reportes que demuestran que los hongos tienen la capacidad de producir biomoléculas tales como enzimas, proteínas y otras moléculas de naturaleza orgánica, se sabe que éstas tienen la capacidad de reducir metales y compuestos inorgánicos utilizados como precursores para la síntesis de nanopartículas (Adebayo et al., 2021), por lo tanto, el estudio del poder reductor del extracto acuoso fue imprescindible; mediante la técnica FRAP (Figura 1), se obtuvo como resultado que dicha capacidad reductora es comparable a un control positivo, en este caso, el ácido ascórbico. A primera instancia, esto sugirió que el poder reductor es adecuado para llevar a cabo la síntesis de NPs CdS, no obstante, es importante destacar que este parámetro no es el único que interviene en la síntesis de nanopartículas, ya que se puede ver involucrada la especie del hongo, el solvente con el que se extrae, temperatura, etc. (Elamawi et al., 2018), por lo que es necesario estudiar la producción de éstas de manera general y mediante la caracterización de las mismas.

Se empleó la técnica espectrofotométrica UV-Vis para el análisis de la resonancia del plasmón superficial de la solución coloidal de nanopartículas de CdS y su espectro se muestra en la Figura 2A, se observa que las NPs CdS absorben a 320 nm, sugiriendo que se trata de puntos cuánticos con tamaños aproximados a 3 o 4 nm, según reportes de Borovaya et al., 2016; Kumar et al., 2007. En el caso de la señal en el espectro de Fluorescencia (Figura 2B), la banda de emisión que sugiere la presencia de nanopartículas de sulfuro de cadmio se encuentra a 515 nm (Singh y Chauhan, 2009; Hernández, 2021). Es importante mencionar que los nanomateriales semiconductores presentan fluorescencia debido a sus propiedades fisicoquímicas y estructurales (Flessau et al., 2014; Gaviria et al., 2020), por lo que este tipo de nanopartículas tienen la capacidad para ser utilizadas, por ejemplo, como biosensores. Por otro lado, la síntesis de estas NPs empleando el extracto acuoso permite que el proceso pueda ser enfocado en la química verde y en consecuencia, se siguen los principios de la misma que indican que la concentración de reactivos en este tipo de síntesis tiene que ser baja, considerando concentraciones en mM (Kim et al., 2015). Otro punto importante del método desarrollado es que el análisis de partículas es más sencillo de caracterizar comparado con soluciones coloidales de NPs sintetizadas mediante biomasa fúngica, ya sea por la proliferación del hongo en la solución o por el excedente de materia orgánica presente en dicha matriz (Hernández, 2021).

Figura 1. Poder reductor del extracto acuoso de la biomasa fúngica como precursor en la síntesis de NPs CdS.

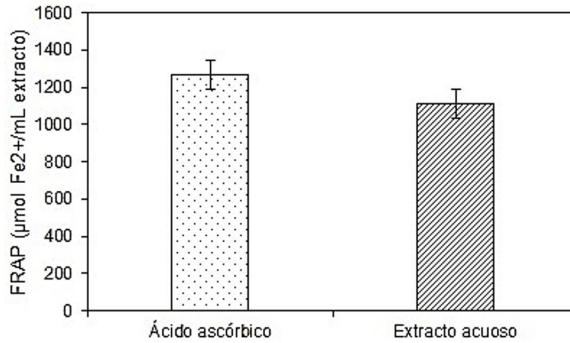
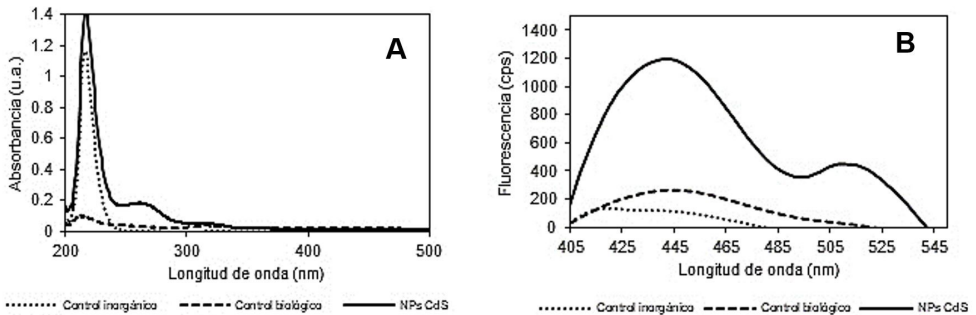
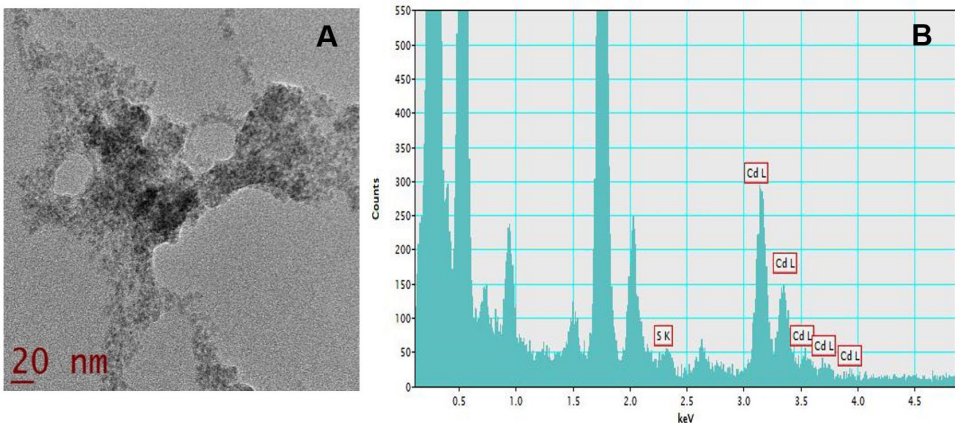


Figura 2. Espectros de A) absorción y B) emisión de la obtención de nanopartículas a partir del extracto acuoso de la biomasa de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*



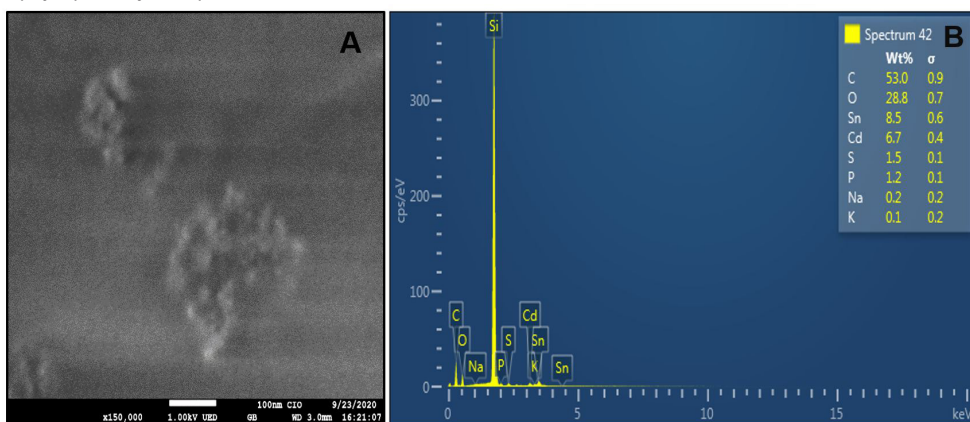
Como parte de la caracterización de las NPs CdS, se empleó la técnica de Microscopía Electrónica de Transmisión con el fin de analizar la morfología y el tamaño de partícula, encontrando que el diámetro promedio es de 2.38 ± 0.93 nm. En la Figura 3 se muestra dicha micrografía y el espectro EDS correspondiente, en el que se indica la presencia de Cd y S.

Figura 3. A) Micrografía TEM de NPs CdS sintetizadas con extracto acuoso de la biomasa de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* y B) Espectro EDS.



Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis mediante Microscopía Electrónica de Barrido, confirmando la presencia de las NPs CdS (Figura 4). Se puede decir que la aglomeración de las partículas se puede deber a su valor de potencial Zeta, el cual fue de -6.6 mV. Este valor indica la presencia de cargas predominantes negativas, las cuales se sugiere, provienen de los metabolitos secundarios del hongo que funcionan como estabilizantes. Sin embargo, se ha reportado que a potenciales bajos (menores a -10 mV o mayores a +10 mV) las soluciones coloidales de nanopartículas tienden a aglomerarse (Yahaya et al., 2020). Por lo tanto, el estudio particular de cada uno de estos parámetros podría permitir tener una mayor estabilidad coloidal del sistema.

Figura 4. A) Micrografía SEM de NPs CdS sintetizadas con extracto acuoso de la biomasa de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* y B) Espectro EDS.



4 CONCLUSIÓN

Las nanopartículas de sulfuro de cadmio sintetizadas mediante el extracto acuoso de biomasa fúngica son una buena estrategia para la síntesis de este tipo de nanomateriales, no sólo por el poder reductor elevado del extracto, sino también, porque se trata de un método basado en la química verde teniendo menor interferencias en la caracterización de las nanopartículas obtenidas.

5 PERSPECTIVAS

Considerando el potencial que tiene el sistema acuoso de nanopartículas de sulfuro de cadmio en diversas aplicaciones, es de vital importancia trabajar en la optimización de la síntesis, lo cual incluye estudiar el comportamiento de la solución coloidal con variaciones de pH y llevar a cabo estrategias enfocadas en análisis metabolómico que permitan elucidar los compuestos responsables de la síntesis para

de esa manera, conocer con mayor profundidad la reacción y así, buscar tener mayor control en la síntesis de las NPs CdS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adebayo, E., Azeez, M., Alao, M., Oke, A., y Aina, D. (2021). Fungi as veritable tool in current advances in nanobiotechnology. *Helijon*, 7(11), 2405-8440.

Anton Paar GmbH. (2020). Highly Stable and Reproducible Particle Analysis Measurements. AZoM.

Borovaya, M., Burlaka, O., Naumenko, A., Blume, Y. y Yemets, A. (2016). Extracellular synthesis of luminescent CdS quantum dots using plant cell culture. *Nanoscale Res Lett*, 100(11), 1-8.

Elamawi, R., Al-Harbi, R. y Hendi, A. (2018). Biosynthesis and characterization of silver nanoparticles using *Trichoderma logibrachiatum* and their effect on phytopathogenic fungi. *Egypt J Biol Pest Control*. 28(28).

Flessau, S., Wolter, C., Pöset, E., Kröger, E. y Kipp, T. (2014). Fluorescence spectroscopy of individual semiconductor nanoparticles in different ethylene glycols. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 22: 10235-11068.

Gaviria, M., Cano, J. y Peñuela, G. (2020). Nanomaterial-based fluorescent biosensors for monitoring environmental pollutants: A critical review. *Talanta Open*, 2(1), 100006.

Hamed S., Ghaseminezhad M., Shokrollahzadeh S., Shojaosadati SA. (2017). Controlled biosynthesis of silver nanoparticles using nitrate reductase enzyme induction of filamentous fungus and their antibacterial evaluation. *Artif Cells Nanomed Biotechnol*, 45(8), 1588-1596.

Hernández, J. O. (2021) *Evaluación de la capacidad de Fusarium oxysporum para producir nanopartículas de sulfuro de cadmio a partir de un residuo de azufre* [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio Institucional-Universidad Autónoma de Querétaro.

Hussey, S., Salah, T. y Anter, H. (2015). Biosynthesis of size controlled silver nanoparticles by *Fusarium oxysporum*, their antibacterial and antitumor activities. *UJBAS*, 4(3), 225-231.

Khandel, P. & Kumar, S. (2018). Mycogenic nanoparticles and their bio-prospective applications: current status and future challenges. *JNC*, (8), 369–391.

Kim, H., Seo, Y. y Kim, K. (2016). Concentration Effects of Reducing Agents on Green Synthesis of Gold Nanoparticles: Size, Morphology, and Growth Mechanism. *Nanoscale Res Lett*, 11(230).

Kumar, A., Ahmad, A., Ayoobul, A. y Khan, M. (2007). Extracellular biosynthesis of CdSe quantum dots by the fungus *Fusarium oxysporum*. *J. Biomed. Nanotechnol*, 3(2), 190-194.

Kuppusamy, P., Yusoff, M., Pragas, G. y Govindan, N. (2016). Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications – An updated report. *Saudi Pharm. J.*, 24(4), 473-484.

Moghaddam, A., Namvar, F., Moniri, M., Tahir, P., Azizi, S. y Mohamad, R. (2015). Nanoparticles biosynthesized by fungi and yeast: a review of their preparation, properties and medical applications. *Molecules*, 20(9), 16540-16565.

Oyaizu, M. (1986). Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Japanese J. Nutr.*, 307(44).

Sandoval, C., D. I., Gómez, D., Rojas, N. y Vidales, M. (2017). Synthesis of Cadmium Sulfide nanoparticles by biomass of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *J. Nano Res.*, (46):179-191.

Sherif Moussa Hussein, Taher A. Salah, Hend A. Anter, (2015). Biosynthesis of size controlled silver nanoparticles by *Fusarium oxysporum*, their antibacterial and antitumor activities, *Beni-Suef Univ. J. Basic Appl. Sci.*, 4(3), 225-231.

Singh, V. y Chauhan, P. (2009). Structural and optical characterization of CdS nanoparticles prepared by chemical precipitation method. *J. Phys. Chem. Solids*, 70(7), 1074-1079.

Yahaya, M., Zainal, Z., Abdul, S., Md, F., Noor, A. e Issa, M. (2020). Eco-Friendly Sustainable Fluorescent Carbon Dots for the Adsorption of Heavy Metal Ions in Aqueous Environment. *Nanomater*, 10(2), 315.

SOBRE EL ORGANIZADOR

El Dr. Juan Ramón Collet-Lacoste es licenciado en ciencias químicas de la Universidad de Buenos Aires (UBA) y PhD de la Universidad de Paris Sud (XI). Su especialidad es la físico química, en la rama de la termodinámica de los procesos irreversibles (TPI), especialmente en el estudio de los procesos cinéticos en los sistemas electroquímicos.

Ha desarrollado varios trabajos relacionados a los mecanismos de reacción y transporte de materia sobre electrodos metálicos, así como el desarrollo de electrodos para celdas de combustible de baja temperatura (fuel cells).

Es un especialista en la técnica de impedancia electroquímica, en la cual ha publicado varios artículos en revistas internacionales.

Desde el punto de vista experimental, ha trabajado en el desarrollo de celdas de combustible con Nps de platino y paladio y de electrolizadores alcalinos de baja temperatura.

Actualmente realiza trabajos sobre la oxidación acuosa del aluminio en gradientes de temperatura. Este trabajo esta relacionado a los elementos combustibles de los reactores experimentales multipropósito para la fabricación de radioisótopos de uso médico.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Antiseptics 126, 127

Aquatic environment 98, 99, 100, 101

Au Nanoparticle 87, 96

B

Bactericidal 126, 127

Bioremediation 98, 99, 100, 101, 105, 106, 125

Biosíntesis extracelular 116

Biosíntesis intracelular 116

C

Carbon nanoparticles 99, 101, 104, 135, 136, 137, 138, 139, 142

Catálise 29, 62, 63, 64, 66, 67, 81

Cerâmicas funcionais 28

Contaminants 98, 99, 100, 101, 102

Controlled release 126

E

Efeito Plasmônico 62, 71, 76, 77, 80, 81, 82, 83

Extracto 108, 109, 110, 111, 112, 113, 120

F

Feixe de elétrons 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57

Filtradhussao extracelular 116

Filtrado libre de células 116, 118, 120, 121, 122, 123, 124

Fotocatálise 61, 62, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 78, 80, 81, 82, 83

H

Hidrotermal assistido por micro-ondas 28, 29

Hongo 108, 109, 111, 113, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124

Hybrid film 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95

L

Low temperature fuel cells 1, 24

M

Metais nobres 61, 62, 68, 69, 83

N

Nanofiber 48, 87, 88, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 101

Nanomateriais 34, 39, 54, 57

Nanoparticles 1, 2, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 38, 39, 40, 48, 58, 59, 62, 84, 85, 87, 88, 93, 94, 95, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 114, 115, 116, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142

Nanoparticles synthesis 1, 85

Nanopartículas 28, 34, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 47, 54, 61, 64, 67, 68, 70, 72, 76, 83, 85, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124, 125, 134

Nanopartículas Metálicas 39, 40, 54, 61, 62, 68, 83

Nanotechnology 24, 59, 87, 96, 125, 126, 141, 142

Nucleation and growth mechanism 1

O

Óxido de cério 28, 29, 30, 31, 32, 33, 37, 38

Óxido de grafeno reduzido 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56

P

Plant probiotics 135

Praseodímio 28, 30, 33, 37

Prata 31, 39, 40, 41, 47, 70, 82, 85

Puntos cuánticos 109, 111

R

Radiação gama 49, 52, 53, 56, 57, 59

Radiação ionizante 49, 52, 53, 54

S

Self-assembly 87, 88, 91, 95, 96

SERS 39, 40, 42, 46, 47, 48

Soil 99, 135, 136, 137, 138, 139, 141

T

Tetramethylbenzidine 87, 96

Thermodynamic properties 1

Transition metals 1, 3, 12, 22

V

Vegetable 135

Virucidal and bioactive compounds 126