



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ciencias Biológicas

Unidad de Posgrado

**Efectos citotóxicos y genotóxicos en *Daphnia magna*
causados por nanohíbridos de nanopartículas
magnéticas funcionalizadas con zeolita 5A como
excelente candidato para nanorremediación de agua
contaminada con metales pesados**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias Biológicas

AUTOR

Jacquelyne Yesenia ZARRIA ROMERO

ASESOR

Dr. Juan Adrián RAMOS GUIVAR

Lima, Perú

2023

Referencia bibliográfica

Zarria, J. (2023). *Efectos citotóxicos y genotóxicos en Daphnia magna causados por nanohíbridos de nanopartículas magnéticas funcionalizadas con zeolita 5A como excelente candidato para nanorremediación de agua contaminada con metales pesados*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas/Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Jacquelyne Yesenia Zarría Romero
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70432391
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4701-0498
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Juan Adrián Ramos Guivar
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46209587
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-3293-7255
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Carlos Francisco Cabrera Carranza
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	17402784
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Tito Libio Sánchez Rojas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08550935
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Nora Rosa Concepción Malca Casavilca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08129250
Datos de investigación	

Línea de investigación	A.2.1.3. Aplicaciones de la Física en Nanociencia y Nanotecnología de Materiales Magnéticos.
Grupo de investigación	Grupo de Investigación de Nanotecnología Aplicada para Biorremediación Ambiental, Energía, Biomedicina y Agricultura - NANOTECH
Agencia de financiamiento	FONDO NACIONAL DE DESARROLLO CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO Y DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA – FONDECYT al proyecto 177-2020-FONDECYT (PROCIENCIA): “Compuestos híbridos de bio-nanoadsorbentes magnéticos y zeolitas para la remediación y purificación de aguas de ríos y lagos contaminados con plomo y arsénico y control de derrame de petróleo – Proyecto CLEAN-NANOMAGNETIC”, con resolución rectoral N° 000424-2021-R/UNMSM. Código interno de proyecto B21137354x.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>Edificio: Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Latitud: -12.0564232 Longitud: -77.0843327</p> <p>Edificio: Pabellón de Investigación de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima Calle: Av. Germán Amezaga 375 Latitud: -12.056659 Longitud: -77.084633</p> <p>Edificio: Edificio de Biología 357 de la Universidad de Indiana - Bloomington País: Estados Unidos Departamento: Indiana</p>

	Provincia: Bloomington Distrito: Bloomington Calle: 1001 E Tercera Avenida 139 Latitud: 39.164929 Longitud: -86.521254
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021 - 2023
URL de disciplinas OCDE	Nano-materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.10.01 Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08 Bioquímica, Biología molecular https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.03



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

UNIDAD DE POSGRADO

Exped. N.º 062-UPG-FCB-2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Siendo las 14:00 horas del día 27 de noviembre de 2023, en el auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas, el Jurado de Tesis conformado por:

- | | |
|---|--------------|
| Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza | (Presidente) |
| Dr. Tito libio Sánchez Rojas | (Miembro) |
| Dra. Nora Rosa Concepción Malca Casavilca | (Miembro) |
| Dr. Juan Adrián Ramos Guivar | (Asesor) |

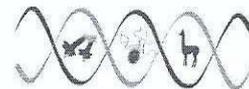
Se reunió para la sustentación oral y pública de la Tesis para optar al Grado Académico de Doctor en Ciencias Biológicas, que solicitara la señora Magíster Doña : **JACQUELYNE YESENIA ZARRIA ROMERO.**

Después de darse lectura al Expediente N.º 062-UPG-FCB-2023, en el que consta haberse cumplido con todas las disposiciones reglamentarias, los señores miembros del Jurado presenciaron la exposición de la Tesis Titulada:

“Efectos citotóxicos y genotóxicos en *Daphnia magna* causados por nanohíbridos de nanopartículas magnéticas funcionalizadas con zeolita 5A como excelente candidato para nanorremediación de agua contaminada con metales pesados”, y formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por la graduando.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

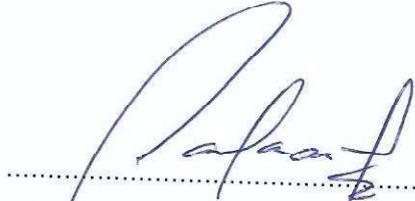
UNIDAD DE POSGRADO

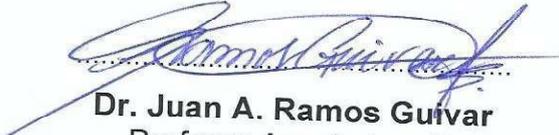
Acto seguido el Jurado procedió a la votación la que dio como resultado el calificativo de: *Muy Bueno* con la nota aprobatoria de *Dieciocho (18)*.

A continuación, el Presidente del Jurado de Tesis recomienda que la Facultad proponga que la Universidad le otorgue el grado académico de Doctor en Ciencias Biológicas, a la señora Magíster **JACQUELYNE YESENIA ZARRIA ROMERO**.

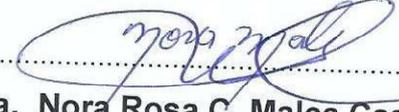
Siendo las *15:20* se levantó la Sesión, recibiendo la graduando las felicitaciones de los señores miembros del Jurado y público asistente.

Se extiende la presente Acta en Lima, el 27 de noviembre del año 2023.


.....
Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
Profesor Principal a D.E.
PRESIDENTE
ccabrerac@unmsm.edu.pe
RENACYT P0024761


.....
Dr. Juan A. Ramos Guivar
Profesor Asociado a D. E.
ASESOR
juan.ramos5@unmsm.edu.pe
RENACYT P0011439


.....
Dr. Tito Libio Sánchez Rojas
Profesor Asociado a T. C.
MIEMBRO
tsanchezr@unmsm.edu.pe
RENACYT P0002130


.....
Dra. Nora Rosa C. Malca Casavilca
Profesora Auxiliar T. P.
MIEMBRO
nmalcac@unmsm.edu.pe



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Juan Adrián Ramos Guivar en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal N° 000962-2023-D-FCB/UNMSM de la tesis de doctorado, cuyo título es “Efectos citotóxicos y genotóxicos en *Daphnia magna* causados por nanohíbridos de nanopartículas magnéticas funcionalizadas con zeolita5A como excelente candidato para nanorremediación de agua contaminada con metales pesados”, presentado por la magíster JACQUELYNE YESENIA ZARRIA ROMERO para optar el grado de Doctor en Ciencias Biológicas.

CERTIFICO: que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 8% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado/ título/ especialidad correspondiente.

Firma del Asesor _____

DNI: 46209587

Juan Adrián Ramos Guivar



UNMSM

Firmado digitalmente por RAMOS
GUIVAR Juan Adrian FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 29.11.2023 11:13:15 -05:00



Resumen

Las zeolitas tipo 5A junto a las propiedades magnéticas de la nanomaghemita facilita la rápida absorción de metales pesados son una fuerte e interesante propuesta para la remediación de aguas contaminadas con plomo y arsénico. Sin embargo, aún no se ha realizado el análisis en concentración y tamaño para el uso de este nanohíbrido en cuerpos de agua y los posibles efectos toxicológicos a la fauna acuática.

El objetivo principal de esta tesis doctoral es identificar las propiedades fisicoquímicas de los nanohíbridos y determinar concentraciones que causan daños a *Daphnia magna* en base en pruebas de LD50, morfología, tasa reproductiva y cuantificación de la expresión de tres genes íntimamente implicados en el desarrollo morfológico de estructuras vitales (Glass, Ninae, Pph13).

Como resultados se ha obtenido que la forma más estable de los nanohíbridos es la NPZEO3, con un tamaño de 393.13nm evidenciado por DLS. Se consideraron cinco concentraciones diferentes de NPZEO3 y 20 individuos por cada tratamiento, considerando poblaciones de neonatos y juveniles en donde la CL50 para los neonatos fue de 11313,70 mg/ml mientras que para individuos juveniles fue de 0.0310 mg/ml. Los daños en el desarrollo morfológico se vieron evidenciados en disminución de tamaño de ojo en neonatos y aumento en juveniles, aumento leve de tamaño de corazón para ambas edades, de igual manera para el cuerpo, antenas, y variaciones en el tamaño de la espina caudal para ambas edades. La tasa reproductiva no se vio afectada para las menores concentraciones en neonatos, mientras que en juveniles la tasa reproductiva disminuyó en más del 50% desde la mínima concentración de exposición de NPZEO3. Y para ambas edades los niveles de expresión génica de Glass fueron disminuyendo conforme aumentaba la concentración del nanohíbrido. Asimismo, el nanohíbrido evidenció su afinidad por el exoesqueleto de *D. magna*, lo cual se observó tanto por microscopía de luz y microscopía electrónica. Se concluye que los nanohíbridos NPZEO3 no generan daño significativo en mortalidad, morfología, tasa reproductiva ni expresión génica en *D. magna* a menores concentraciones, así como también se demuestra la importancia de evaluar los posibles impactos en diferentes etapas de la vida del animal

Palabras claves

Daphnia magna; citotoxicidad; genotoxicidad; nanopartículas; zeolitas

Abstract

Zeolites type 5A, in combination with the magnetic properties of nanomaghemite, facilitate the rapid absorption of heavy metals. This presents a robust and intriguing solution for the remediation of water contaminated with lead and arsenic. However, a comprehensive analysis of concentration and size for the use of this nanohybrid in bodies of water, and its potential toxicological effects on aquatic fauna, has not yet been conducted.

The main objective of this doctoral thesis is to identify the physicochemical properties of the nanohybrids and determine concentrations that cause harm to *Daphnia magna* based on LD50 tests, morphology, reproductive rate, and quantification of the expression of three genes closely involved in the morphological development of vital structures (Glass, Ninae, Pph13).

The results have shown that the most stable form of the nanohybrids is NPZEO3, with a size of 393.13nm as demonstrated by DLS. Five different concentrations of NPZEO3 were considered, with 20 individuals for each treatment, including populations of neonates and juveniles. The LC50 for neonates was 11313.70 mg/ml, while for juvenile individuals, it was 0.0310 mg/ml. Damages in morphological development were evidenced by a decrease in eye size in neonates and an increase in juveniles, a slight increase in heart size for both age groups, as well as changes in body size, antennae, and variations in the size of the caudal spine for both age groups. Reproductive rate was not affected at lower concentrations in neonates, while in juveniles, the reproductive rate decreased by over 50% from the minimum exposure concentration of NPZEO3. Additionally, the gene expression levels of Glass decreased as the concentration of the nanohybrid increased. Furthermore, the nanohybrid demonstrated an affinity for the exoskeleton of *D. magna*, which was observed through both light microscopy and electron microscopy. In conclusion, the NPZEO3 nanohybrids do not cause significant damage in terms of mortality, morphology, reproductive rate, or gene expression in *D. magna* at lower concentrations. This study also underscores the importance of evaluating potential impacts at different life stages of the animal.

Keywords

Daphnia magna, citotoxicity, genotoxicity, maghemite, zeolites