UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

Posgrado en Ciencias Farmacobiológicas

Evaluación de nanopartículas de cobre con quercetina en un modelo de anillos de tráquea aislados de rata Wistar

Tesis que para obtener el grado de

Maestría en Ciencias Farmacobiológicas

Presenta

Izaguirre Camargo Perla Angélica

Directora de Tesis: **Dra. Gabriela Navarro Tovar**

Co-directora de Tesis: **Dra. María del Carmen González Castillo**

SAN LUIS POTOSÍ, S. L. P. Agosto, 2025.

UASLP-Sistema de Bibliotecas
Repositorio Institucional Tesis Digitales Restricciones de Uso

DERECHOS RESERVADOS

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en este Trabajo Terminal está protegido por la Ley Federal de Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos.

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde se obtuvo, mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto o con fines de lucro, reproducción, edición o modificación será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Evaluación de nanopartículas de cobre con quercetina en un modelo de anillos de tráquea aislados de rata Wistar © 2025 por Izaguirre Camargo Perla Angélica se distribuye bajo una licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International

Este proyecto se realizó en el *Laboratorio de Síntesis Orgánica y Fotoquímica* adscrito a la *Facultad de Ciencias Químicas*, y en el *Laboratorio de Fisiología Celular* adscrito a la *Facultad de Ciencias Químicas*, en el periodo comprendido entre agosto 2023 y julio 2025, bajo la dirección de la Dra. Gabriela Navarro Tovar y Co-dirección de la Dra. María del Carmen González Castillo, y fue apoyado por el proyecto de Ciencia de Frontera CF-2023-I-967, de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación.

El programa de Maestría en Ciencias Farmacobiológicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí pertenece al Sistema Nacional de Posgrados de Calidad (SNP) del CONAHCYT actualmente Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, registro 003382. Número de la beca otorgada por CONAHCYT (SECIHTI): Número de CVU 1317195.

Los datos del trabajo titulado *Evaluación de nanopartículas de cobre con quercetina en un modelo de anillos de tráquea aislados de rata Wistar* se encuentran bajo el resguardo de la Facultad de Ciencias Químicas a la que está adscrito dicha instalación y pertenecen a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
POSGRADO EN CIENCIAS FARMACOBIOLÓGICAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS FARMACOBIOLÓGICAS

REGISTRO DE TESIS DE MAESTRÍA

GENERACIÓN: 2023-2025

Nombre de la Alumna Perla Angélica Izaguirre Camargo

Tema de Tesis Síntesis de nanopartículas de cobre con flavonoides y su evaluación en modelos ex vivo

Linea de Investigación en la que se inserta la Tesis Desarrollo y Evaluación de Compuestos con interés Terapéutico

COMITÉ TUTELAR

	Nombre	Firma
Directora de tesis	Gabriela Navarro Tovar	
Co directora de tesis (Opcional)	María del Carmen González Castillo	
Asesora	Daniela Edith Salado Leza	
Asesora	Aida Jimena Velarde Salcedo	

Trabajo de tesis vinculada con:

Convenio _____ Servicio _____ Proyecto X Grupo _____ Artículo _____

Financiamiento de Tesis otorgado por

Institución, organismo o asociación: Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología

Nombre del Proyecto en su caso: Estudio biológico comparativo de nanopartículas de cobre obtenidas por síntesis verde, y establecimiento de márgenes de bioseguridad. CF-2023-I-967

Monto: $ 100 000 pesos mexicanos

Fecha de ejecución del proyecto: Enero 2023-Julio 2025

Objetivo del proyecto: Evaluar las respuestas biológicas (in vitro y ex vivo) ejercidas por CuNPs de morfología similar pero diferente superficie química, discernir posibles mecanismos de acción derivados de los tratamientos, y determinar si las CuNPs obtenidas por síntesis verde con los extractos de las plantas Crataegus mexicana, Crataegus rosei, así como la síntesis con quercetina, incrementan la biocompatibilidad con respecto a síntesis con otros agentes reductores (similar morfología), asimismo, utilizar las etapas experimentales de esta propuesta como ejemplo para generar formatos de servicio, colaboración, asesorías/capacitaciones, y así lograr mecanismos formales de vinculación con resultados en el mediano plazo en temas nanotoxicológicos.

Participantes en el proyecto: Dra. Gabriela Navarro Tovar, Dra. María del Carmen González Castillo, Aida Jimena Velarde Salcedo, Dra. Lluvia Itzel López López, Dra. Daniela Salado Leza.

Nombre y Firma del Directora y Co-Directora de Tesis.

Dra. Gabriela Navarro Tovar

Dra. María del carmen González Castillo

UASLP
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS

COMITÉ INSTTUCIONAL PARA EL CUIDADO Y USO DE ANIMALES DE LABORATORIO
(CICUAL) DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUSI POTOSÍ

16 de julio de 2024

DRA. GABRIELA NAVARRO TOVAR.
INVESTIGADORA POR MÉXICO CONAHCyT
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS.
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ.
PRESENTE.

Con relación a su solicitud de revisión de su protocolo **"SÍNTESIS VERDE DE NANOPARTÍCULAS DE COBRE Y SU EVALUACIÓN EN ANILLOS AISLADOS DE AORTA Y TRÁQUEA DE RATA WISTAR"**, se le comunica que éste fue evaluado en la sesión del 16 de mayo del año en curso por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (CICUAL) de la Facultad de Ciencias Químicas y dictaminado como:

APROBADA

Su protocolo tiene el registro **CICUAL2024-03R2**

"El profesor o investigador responsable deberá entregar al CICUAL-FCQ un informe al término del proyecto, ante la suspensión prematura del estudio o cuando le sea requerido. Si el proyecto no ha sido terminado en el lapso de un año deberá entregarse un informe anual que señale el grado de avance. Para la entrega de este informe se considerará un año transcurrido desde la fecha de emisión del dictamen de aprobación y un lapso no mayor de 10 días hábiles. El incumplimiento de lo anterior impedirá la revisión de un nuevo protocolo del investigador solicitante.
El informe se enviará al correo del CEID-FCQ con una carta de presentación dirigida al Presidente del CICUAL-FCQ, así como el respectivo informe".

ATENTAMENTE

M[illegible]
Presidente del CICUAL-FCQ

Ccp. Archivo

100 ANIVERSARIO DE LA AUTONOMÍA UASLP 2023

www.uaslp.mx

Av. Dr. Manuel Nava Núm. 6
Zona Universitaria • CP 78210
San Luis Potosí, S.L.P.
tel. (444) 826 24 40 al 46
fax (444) 826 2372

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

Posgrado en Ciencias Farmacobiológicas

Evaluación de nanopartículas de cobre con quercetina en un modelo de anillos de tráquea aislados de rata Wistar

Tesis que para obtener el grado de

Maestría en Ciencias Farmacobiológicas

Presenta:

Izaguirre Camargo Perla Angélica

SINODALES:

Presidenta:	**Dra. Aída Jimena Velarde Salcedo**
Secretaria:	**Dra. Daniela Edith Salado Leza**
Vocal:	**Dra. María del Carmen González Castillo**
Vocal:	**Dra. Gabriela Navarro Tovar**

SAN LUIS POTOSÍ, S. L. P. Agosto, 2025.

INTEGRANTES DEL COMITÉ TUTORIAL ACADÉMICO

Dra. Gabriela Navarro Tovar: Directora de tesis. Adscrita al Posgrado en Ciencias Farmacobiológicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P., y a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación.

Dra. María de Carmen González Castillo: Co-directora de tesis. Adscrita al Posgrado en Ciencias en Bioprocesos de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P.

Dra. Aida Jimena Velarde Salcedo: Tutora de tesis. Adscrita a la Facultad de Ciencias Químicas de Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P.

Dra. Daniela Edith Salado Leza: Tutora de tesis. Adscrita al Instituto de Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
Facultad de Ciencias Químicas
Centro de Investigación y Estudios de Posgrado
Posgrado en Ciencias Farmacobiológicas
Programa de Maestría Formato M5

Carta Cesión de Derechos

San Luis Potosí SLP a Agosto/15/2025.

En la ciudad de *San Luis Potosí* el día *02* del mes de *junio* del año *2025.* La que suscribe *Perla Angélica Izaguirre Camargo*, alumna del programa de *Maestría en Ciencias Farmacobiológicas* adscrito a *la Facultad de Ciencias Químicas* manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo terminal, realizado bajo la dirección de: *la Dra. Gabriela Navarro Tovar y la Dra. María del Carmen González Castillo* y cede los derechos del trabajo titulado *Evaluación de nanopartículas de cobre con quercetina en un modelo de anillos de tráquea aislados de rata Wistar* a la **Universidad Autónoma de San Luis Potosí**, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir de forma total o parcial texto, gráficas, imágenes o cualquier contenido del trabajo si el permiso expreso del o los autores. Éste, puede ser obtenido directamente con el autor o autores escribiendo a la siguiente dirección *gabriela.navarro@uaslp.mx*; *perla.izaguirre.camargo@outlook.com*. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

_____

IBP Perla Angélica Izaguirre Camargo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
Facultad de Ciencias Químicas
Centro de Investigación y Estudios de Posgrado
Posgrado en Ciencias Farmacobiológicas
Programa de Maestría

Formato M28

Carta de Análisis de Similitud

San Luis Potosí SLP a Agosto/ 12 / 2025

L.B. María Zita Acosta Nava
Biblioteca de Posgrado FCQ

Asunto: Reporte de porcentaje de similitud de tesis de grado

Por este medio me permito informarle el porcentaje de similitud obtenido mediante Ithenticate para la tesis titulada Evaluación de nanopartículas de cobre con quercetina en un modelo de anillos de tráquea aislados de rata Wistar presentada por el autor Perla Angélica Izaguirre Camargo. La tesis es requisito para obtener el grado de Maestría en el Posgrado en Ciencias Farmacobiológicas. El análisis reveló un porcentaje de similitud de 15 % excluyendo referencias y metodología.

Agradezco sinceramente su valioso tiempo y dedicación para llevar a cabo una exhaustiva revisión de la tesis. Quedo a su disposición para cualquier consulta o inquietud que pueda surgir en el proceso.

Sin más por el momento, le envío un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E:

Dra. Claudia Escudero Lourdes,
Coordinadora Académica del Posgrado
en Ciencias Farmacobiológicas

Dedicatoria y agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación y al proyecto de Ciencia de Frontera CF-2023-I-967 por los recursos otorgados para que se lograra realizar este proyecto.

Agradezco a la Dra. Gabriela Navarro, por la confianza que depositó en mi para realizar este trabajo, por su paciencia y su apoyo constante en la realización de este proyecto.

A mi comité académico tutorial la Dra. María del Carmen González Castillo, Dra. Aida Jimena Velarde Salcedo y Dra. Daniela Salado Leza por el asesoramiento y la guía brindado en todo momento durante la experimentación y análisis de resultados.

A la Dra. Denisse Atenea de Loera Carrera por facilitar las instalaciones del laboratorio de síntesis orgánica y fotoquímica para llevar a cabo la síntesis de las nanopartículas.

A mis padres, Angélica y José Gpe., ustedes son el pilar de cada decisión que he tomado, son mi base más sólida y sin su apoyo esto no sería posible. Esto es por y para ustedes. Gracias por ser quienes son y creer en todo momento en mí, valoro su esfuerzo y sacrificio para que yo logre mis objetivos.

A mi hermano Fernando, por hacerme ver lo positivo en cada circunstancia y brindarme su apoyo y cariño.

A mis amigos de la facultad Gilmer Cab, Víctor González, Isabel Sánchez y Fernanda Silva, por su apoyo. Su compañía hizo más llevaderas los tiempos difíciles y memorables los pequeños momentos.

A mi amigo Edgar Rodríguez, por estar siempre en esta etapa. Tu compañía y tus palabras de aliento han sido luz en mis días más difíciles. Gracias por motivarme a seguir.

A mis amigos Laura Medellín, Mónica Niño, Daniela Chávez, Alejandro Vargas y Alberto Aldaco por seguir a mi lado a lo largo de los años. Gracias por creer en mí cuando yo dudaba y por recordarme con su presencia que nunca estoy sola.

A mis amigos Aldahid Vega, Samira Rodríguez, José Paul y Daniela Ibarra por estar presentes en cada etapa de mi vida y apoyarme, gracias por tener las palabras correctas para seguirme motivando.

A todas las personas que fueron parte de este camino y me brindaron de su conocimiento o consejo para poder llevar a cabo este trabajo.

¡Muchas gracias a todos!

Resumen

Las nanopartículas de cobre (CuNPs) son de interés por ser una alternativa económica respecto a las de oro y plata. Las aplicaciones de las CuNPs se dan en el área biomédica, aparatos electrónicos e incluso en conservación de alimentos. Sin embargo, su síntesis convencional empleando agentes como la hidrazina o borohidruro de sodio plantea riesgos para la salud y el ambiente. Es por lo que, se ha propuesto una síntesis verde como una opción favorable, a partir del uso de fitocompuestos como la quercetina. En este trabajo, se optimizó la síntesis de CuNPs mediante un diseño factorial 2 a la 4, evaluando cuatro factores: concentración de sal metálica, concentración de agente reductor, potencia de microondas y tiempo de reacción. Se encontró que las condiciones óptimas para obtener nanopartículas estables con un plasmón de resonancia superficial a 500 nm fueron las del nivel alto. Se optó por llevar a cabo la calcinación de éstas y compararlas con un lote adquirido con proveedor. Las CuNPs empleadas fueron caracterizadas mediante técnicas de espectroscopia de UV-Vis, dispersión dinámica de luz (DLS), potencial Z, microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopía infrarroja. La evaluación biológica se llevó a cabo en un modelo *ex vivo* de tráquea de rata Wistar, donde los resultados sugirieron que en concentraciones acumulativas se presentan contracciones transitorias al añadir cada concentración. Además, se evaluó la producción de óxido nítrico (NO) por la técnica de Griess, lo que indicó que este biomarcador se produce en mayor cantidad para las CuNPs cubiertas con quercetina.

Palabras clave: biosíntesis, nanopartículas de cobre, quercetina.

Abstract

Copper nanoparticles (CuNPs) are of interest as a cost-effective alternative to gold and silver nanoparticles. Their applications include the biomedical field, electronic devices, and food preservation. However, conventional synthesis methods using agents such as hydrazine or sodium borohydride pose health and environmental risks. Therefore, green synthesis using phytocompounds like quercetin has been proposed as a safer alternative. In this study, CuNPs synthesis was optimized through a 2^4 factorial design, evaluating four factors: metal salt concentration, reducing agent concentration, microwave power, and reaction time. The optimal conditions to obtain stable nanoparticles with a surface plasmon resonance peak at 500 nm corresponded to the highest levels of these factors. The nanoparticles were then calcined and compared with a commercial batch. Characterization of CuNPs was performed using UV-Vis spectroscopy, dynamic light scattering (DLS), zeta potential, scanning electron microscopy (SEM), and infrared spectroscopy. Biological evaluation was carried out using an ex vivo model of Wistar rat trachea, where cumulative concentrations caused transient contractions upon each addition. Additionally, nitric oxide (NO) production was measured by the Griess assay, revealing higher levels of this biomarker in CuNPs coated with quercetin.

Key words: Biosynthesis, copper nanoparticles, quercetin.