



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

Posgrado en Ciencias Químicas

**NANOPARTÍCULAS DE PLATA FUNCIONALIZADAS CON
DERIVADOS DE BENZOFURANO CON POTENCIAL
ANTIMICROBIANO**

Tesis que para obtener el grado de:

Maestría en Ciencias Químicas

Presenta:

Aguilar Ramirez José Guadalupe

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



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.



Nanopartículas de plata funcionalizadas con derivados de benzofurano con potencial antimicrobiano © 2026 por Aguilar Ramirez José Guadalupe tiene licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Este proyecto se realizó en Laboratorio de Síntesis Orgánica y Fotoquímica adscrito a Facultad de Ciencias Químicas, en el periodo comprendido entre agosto 2024 y julio 2026, bajo la dirección de la Dra. Gabriela Navarro Tovar y fue realizado con recursos propios del Laboratorio de Síntesis y Fotoquímica en colaboración con el Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas adscrito a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

El programa de Maestría en Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí pertenece al Sistema Nacional de Posgrados de Calidad (SNP) del SECIHTI, registro 000519. Número de la beca otorgada por SECIHTI: Número de CVU 1291434.

Los datos del trabajo titulado Nanopartículas de plata funcionalizadas con derivados de benzofurano con potencial antimicrobiano se encuentran bajo el resguardo del Laboratorio de Síntesis y Fotoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y pertenecen a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.



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

Formato M13

Aprobación de Tema de Tesis

San Luis Potosí SLP a 11 de agosto de 2026.

Estimado Comité Académico
P R E S E N T E :

La presente es para que quede asentado que el tema de Tesis de maestría:

“Nanopartículas de plata funcionalizadas con derivados de benzofurano con potencial antimicrobiano ” del estudiante: José Guadalupe Aguilar Ramírez, que se llevará a cabo en el Laboratorio de Fotoquímica y Síntesis de la Facultad de Ciencias Químicas, es APROBADO.

Su comité tutorial, esta conformado por:

Directora: Dra. Gabriela Navarro Tovar

Asesor: Dr. Carlos Jesús Cortés García

Asesora: Dra. Denisse Atenea de Loera Carrera

Asesor extendido: Dr. Luis Chacón García

Sin más por el momento, quedo de ustedes.

A T E N T A M E N T E

Dr. Fidel Martínez Gutiérrez
Coordinador del PCQ



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

Posgrado en Ciencias Químicas

NANOPARTÍCULAS DE PLATA FUNCIONALIZADAS CON DERIVADOS DE BENZOFURANO CON POTENCIAL ANTIMICROBIANO

Tesis que para obtener el grado de:

Maestría en Ciencias Químicas

Presenta:

Aguilar Ramirez José Guadalupe

SINODALES:

Presidente:	Dra. Denisse Atenea de Loera Carrera
Secretario:	Dr. Carlos Jesús Cortés García
Vocal:	Dr. Luis Chacón García
Vocal:	Dra. Gabriela Navarro Tovar

SAN LUIS POTOSÍ, S. L. P.

FECHA: 14 agosto, 2026.

INTEGRANTES DEL COMITÉ TUTORIAL ACADÉMICO

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

Dr. Carlos Jesús Cortés García: Asesor de tesis. Adscrito al Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Dra. Denisse Atenea de Loera Carrera: Asesora de tesis. Adscrita al Posgrado en Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P.

Dr. Luis Chacón García: Asesor de tesis. Adscrito al Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

Facultad de Ciencias Químicas

Centro de Investigación y Estudios de Posgrado

Posgrado en Ciencias Químicas

Programa de Maestría

Formato M5

Carta Cesión de Derechos

San Luis Potosí SLP a 13 agosto de 2026

En la ciudad de San Luis Potosí el día 13 del mes de agosto del año 2026. El que suscribe José Guadalupe Aguilar Ramírez alumno del programa de posgrado maestría en ciencias químicas adscrito a Facultad de Ciencias Químicas manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo terminal, realizado bajo la dirección de la Dra. Gabriela Navarro Tovar y cede los derechos del trabajo titulado **“Nanopartículas de plata funcionalizadas con derivados de benzofurano con potencial antimicrobiano”** 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 los autores escribiendo a la siguiente dirección gabirela.navarro@uaslp.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

José Guadalupe Aguilar Ramírez



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

Formato M28

Carta de Análisis de Similitud

San Luis Potosí, S.L.P. a 14 de agosto de 2026.

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 "NANOPARTÍCULAS DE PLATA FUNCIONALIZADAS CON DERIVADOS DE BENZOFURANO CON POTENCIAL ANTIMICROBIANO" presentada por el autor **José Guadalupe Aguilar Ramírez**. La tesis es requisito para obtener el grado de Maestría en el Posgrado en Ciencias Químicas. 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.

ATENTAMENTE

Dr. Fidel Martínez Gutiérrez;
Coordinador del PCQ.

AGRADECIMIENTOS

Cuando tenía aproximadamente unos 10 años, una tía mía me leyó las cartas a modo de juego, yo tenía curiosidad por saber que me preparaba la vida (como si tuviera muchas responsabilidades JAJAJAJA), no obstante yo esperaba que indicara riquezas o algún destino similar; no obstante me dijo que mi vida estaba llena de personas y familia que me iba a acompañar y cuidar a lo largo de mi vida, fue más bien una carta de compañía. Y tal vez como niño, uno no le da la importancia que debe pero conforme fui creciendo vi que la presencia de buenas personas en mi vida ha marcado de manera positiva mi vida. Es por eso que en la culminación de mi maestría estoy profundamente agradecido con las personas que conviví y me relacioné a lo largo de esos meses.

Agradeciendo a mi asesora la Dra. Gabriela Navarro Tovar que me ayudó y orientó a lo largo de estos meses, que me brindó su apoyo y paciencia a lo largo de este proyecto, que fue benevolente y comprensiva en las etapas del mismo, brindándome su apoyo en cada una de las dificultades presentadas, muchas gracias por ver en mí la oportunidad cuando yo no la veía.

A mis asesores los doctores Carlos Jesús Cortes García, Luis Chacón García y la Dra. Denisse Atenea de Loera Carrera; que me instruyeron y me orientaron de manera correcta mi proyecto a su vez que gracias a su conocimiento cuestionaron mis avances los cuales me sirvieron para desarrollar mi proyecto.

Agradeciendo a mi familia a mis padres que me han dado un hogar donde puedo desarrollarme plenamente y me han apoyado; no dejan de ver por mi bien y brindarme su amor, al igual que mis hermanos; por eso aunque me enoje con ustedes les agradezco mucho su apoyo, sinceramente.

A mis amigos y amigas que durante estos meses me han visto en las mejores y peores facetas y aun así me han brindado su apoyo y calidez cuando mi vida se tornaba fría. Y finalmente a mi novio Víctor que, a lo largo de estos meses, fue aquella luz que veía a lo largo del túnel o simplemente brindando su hombro cada que necesitaba llorar, llegaste a darle luz y alegría a mi vida, muchas gracias.

Tal vez no sepa el rumbo de mi vida, pero el saber que he compartido la misma con personas maravillosas me da la seguridad que volveré a ver el amanecer al día siguiente.

RESUMEN

La resistencia a los antibióticos es considerada como una de las mayores amenazas de salud pública por parte de La Organización Mundial de la Salud (OMS), ocasionado un aumento en los costes hospitalarios y mortalidad. Rivalizando incluso en índices de mortalidad, con enfermedades cardiovasculares y oncológicas. En consecuencia, se ha optado en la investigación y desarrollo de nuevas alternativas para, el combate de estos microorganismos patógenos. Una de estas son el uso de nanomateriales, en especial nanopartículas de plata (AgNPs); por medio de revisiones bibliográficas se conoce que pueden potenciar el efecto de los fármacos antimicrobianos.

Este proyecto, consta del desarrollo y análisis de un sistema bifuncional, que abarca la funcionalización de AgNPs con dos nuevos derivados de benzofurano: éster-amino benzofurano (B₁) y éster piperazino benzofurano (B₂), las cuales presentan una alta actividad biológica e importancia farmacología, siendo utilizadas en áreas oncológicas, microbianas, cardiovasculares, neurológicas, entre otras. El proceso empieza con la síntesis de AgNPs mediante reducción química y posteriormente se funcionalizaron con los compuestos B₁ y B₂, obteniendo dos sistemas: AgNPs-B₁ y AgNPs-B₂, los cuales fueron analizados utilizando espectroscopía UV-Vis, FTIR, fluorescencia, dispersión de luz dinámica (DLS), potencial zeta y microscopía electrónica de barrido acoplada a EDS. El análisis SEM-EDS confirmó AgNPs pseudoesféricas (30-70 nm), y el FTIR demostró su interacción con B₁ y B₂. Los sistemas AgNPs-B₁ y AgNPs-B₂ exhibieron el fenómeno de quenching. Mientras que con la técnica potencial Z, nos permitió determinar la alta estabilidad coloidal, donde el AgNPs-B₁, presenta resultados alentadores, por su parte el UV-Vis, el sistema AgNPs-B₁ exhibió un desplazamiento batocrómico, mientras que AgNPs-B₂ mostró un desplazamiento hipsocrómico.

Palabras clave: Nanopartículas de plata, benzofuranos, funcionalización superficial.

SUMMARY

Antibiotic resistance is considered one of the greatest public health threats by The World Health Organization (WHO), causing an increase in hospital costs and mortality. It even rivals cardiovascular and oncological diseases in mortality rates. Consequently, research and development of new alternatives to combat these pathogenic microorganisms has been prioritized. One such alternative is the use of nanomaterials, especially silver nanoparticles (AgNPs); literature reviews show that they can enhance the effect of antimicrobial drugs.

This project consists of the development and analysis of a bifunctional system, which involves the functionalization of AgNPs with two novel benzofuran derivatives: aminobenzofuran ester (B1) and piperazinobenzofuran ester (B2). These compounds exhibit high biological activity and pharmacological importance, and are used in oncology, microbial, cardiovascular, neurological, and other fields. The process begins with the synthesis of AgNPs via chemical reduction, followed by functionalization with compounds B1 and B2, yielding two systems: AgNPs-B1 and AgNPs-B2. These systems were analyzed using UV-Vis spectroscopy, FTIR, fluorescence, dynamic light scattering (DLS), zeta potential, and scanning electron microscopy coupled with EDS. SEM-EDS analysis confirmed pseudospherical AgNPs (30–70 nm), and FTIR demonstrated their interaction with B1 and B2. The AgNPs-B1 and AgNPs-B2 systems exhibited the quenching phenomenon. While the zeta potential technique allowed us to determine the high colloidal stability, where AgNPs-B1 showed encouraging results, under UV-Vis spectroscopy, the AgNPs-B1 system exhibited a bathochromic shift, while AgNPs-B2 showed a hypsochromic shift.

Keywords: Silver nanoparticles, benzofurans, surface functionalization.