

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE DURANGO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



“Uso de aceite vegetal como humectante en la remoción de cobre y manganeso en agua subterránea mediante aglomeración esférica”

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Sistemas Ambientales

Presenta:

IQ Brenda Liliana Raudry Ramírez

Director(a) de tesis:

Dr. Félix Alonso Alcázar Medina

Fecha de examen de titulación:

19 diciembre 2025

Durango, Dgo., México

Fecha de elaboración: 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Durango
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Victoria de Durango, Dgo., a **15 / Diciembre / 2025.**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DEPI / C / 579 / 2025.

Asunto: Autorización de Impresión de Tesis de Maestría.

C. BRENDA LILIANA RAUDRY RAMÍREZ
No. DE CONTROL G11041209
PRESENTE.

De acuerdo al reglamento en vigor y tomando en cuenta el dictamen emitido por el jurado que le fue asignado para la revisión de su trabajo de tesis para obtener el **Grado de Maestra en Sistemas Ambientales**, esta División de Estudios de Posgrado e Investigación le autoriza la impresión del mismo, cuyo título es:

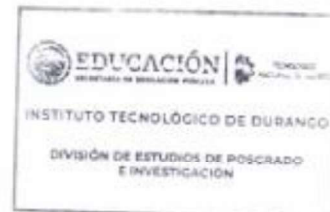
"Uso de aceite vegetal como humectante en la remoción de cobre y manganeso en agua subterránea mediante aglomeración esférica"

Sin más otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE.

Excelencia en Educación Tecnológica®
"La Técnica al Servicio de la Patria"

C. TANIA MONTOYA GARCÍA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



TNGI/ammc.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Blvd. Felipe Pescador 360, 3430 Otm.,
Durango, Dgo., C.P. 34080 Tels. 418-818-69-
76
e-mail: depposgrado@itd.durango.sep.mx
tema.mx_i_itdurango_sep.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



Instituto Tecnológico de Durango
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Victoria de Durango, Dgo., a 15 / Diciembre / 2025

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DEPI / C / 578 / 2025.

Asunto: Autorización de Terna de Tesis de Maestría.

C. BRENDA LILIANA RAUDRY RAMÍREZ
No. DE CONTROL G11041209
PRESENTE.

Con base en el Reglamento en vigor y teniendo en cuenta el dictamen emitido por el Jurado que le fue asignado, se le autoriza a desarrollar el tema de tesis para obtener el **Grado de Maestría en Sistema Ambientales** cuyo título es:

"Uso de aceite vegetal como humectante en la remoción de cobre y manganeso en agua subterránea mediante aglomeración esférica"

CONTENIDO:

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

Lo anterior con la finalidad de que se le dé el seguimiento correspondiente.

ATENTAMENTE.

Excelencia en Educación Tecnológica®
"La Técnica al Servicio de la Patria"

C. TANIA MONTOYA GARCÍA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



TMG/ammc.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Avda. Felipe Ferrador No. 1830 Oax.,
Durango, Dgo., C.P. 34000 Tel. 418-815-65-
36
e-mail: deprogrado@itdurango.edu.mx
telcel.mx / itdurango.edu.mx





LICENCIA DE USO OTORGADA POR BRENDA LILIANA RAUDRY RAMÍREZ, de nacionalidad mexicana, mayor de edad, con domicilio ubicado en Calle Hernández #1519, Zona Centro, Durango, Dgo., en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada "USO DE ACEITE VEGETAL COMO HUMECTANTE EN LA REMOCIÓN DE COBRE Y MANGANESO EN AGUA SUBTERRÁNEA MEDIANTE AGLOMERACIÓN ESFÉRICA" en adelante "LA OBRA" quien para todos los fines del presente documento se denominará "EL AUTOR Y/O EL TITULAR", a favor del Instituto Tecnológico de Durango del Tecnológico Nacional de México, y con fundamento en lo dispuesto en los artículos 5, 18, 24, 25, 27, 30, 32 y 148 de la Ley Federal de Derechos de Autor, se establecen las cláusulas siguientes:

PRIMERA –OBJETO: "EL AUTOR Y/O TITULAR", mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico de Durango del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de "LA OBRA", para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA - TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA -ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de "LA OBRA" en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (red), mensaje de datos o similar conocido por conocerse.

CUARTA – EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Durango; por lo tanto, "EL AUTOR Y/O TITULAR" conserva los derechos patrimoniales y morales de "LA OBRA", objeto del presente documento.

QUINTA – CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico de Durango y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que el "AUTOR Y/O TITULAR" es el único, primigenio y perpetuo titular de los derechos morales sobre "LA OBRA"; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTA – AUTORÍA: "EL AUTOR Y/O TITULAR" manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de "LA OBRA" y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único responsable.

Dado en la Ciudad de Durango, Dgo., a los diecinueve días del mes de diciembre de 2025.

"EL AUTOR Y/O TITULAR"

BRENDA LILIANA RAUDRY RAMÍREZ



Instituto Tecnológico de Durango
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Durango, Dgo. a 15 de diciembre de 2025

Por este conducto se hace constar que la tesis, denominada "Uso de aceite vegetal como humectante en la remoción de cobre y manganeso en agua subterránea mediante aglomeración esférica", de la alumna **Brenda Liliana Raudry Ramirez**, con número de control **11041209**, estudiante del programa de la Maestría en Sistemas Ambientales, revisada por segunda vez, se sometió al software Turnitin Similarity para ser examinado, en donde el reporte del software mencionado mostró un porcentaje de 11% de similitud general.

En base al reporte de Turnitin, al criterio ético y profesional del director de tesis y al área del programa, se considera que (cumple o no cumple) con los criterios de originalidad.

En base a lo anterior se emite el siguiente dictamen.

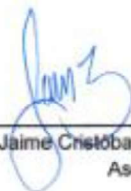
Protocolo. Se autoriza el desarrollo del protocolo examinado
Tesis. Se autoriza dar inicio a los trámites de obtención de grado.

Atentamente,

Vo.Bo.


Dr. Félix Alonso Alcázar Medina
Director de la Tesis


Mtra. María Dolores Josefina Rodríguez Rosales
Asesora


Dr. Jaime Cristóbal Rojas Montes
Asesor

Cp
Alumno
Coordinación del programa



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Bvld. Felipe Pescador No. 1830 Ote., Durango, Dgo.,
C.P. 34080 Tels. 618-618-69-36
e-mail: depposgrado@itdurango.edu.mx
tecnu.mx | itdurango.edu.mx





Brenda Liliana Raudry Ramírez

Tesis REV 1 BLRR.docx



My Files



My Files



Tecnológico Nacional de México

Detalles del documento

Identificador de la entrega

tm:oid::20755-510625658

Fecha de entrega

9 oct 2025, 3:55 p.m. GMT-6

Fecha de descarga

9 oct 2025, 4:27 p.m. GMT-6

Nombre del archivo

Tesis REV 1 BLRR.docx

Tamaño del archivo

2.8 MB

86 páginas

19,478 palabras

105,165 caracteres





11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 9% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitan distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Durango
División de Estudios de Posgrado e Investigación

“Uso de aceite vegetal como humectante en la remoción de cobre y manganeso en agua subterránea mediante aglomeración esférica”

Presenta:

IQ Brenda Liliana Raudry Ramírez

COMITÉ TUTORIAL

Dr. Félix Alonso Alcázar Medina Director(a)	 Firma
Dr. Jaime Cristóbal Rojas Montes Asesor(a)	 Firma
M.I. María Dolores Josefina Rodríguez Rosales Asesor(a)	 Firma

Dra. Tania Montoya García
**Coordinador(a) del programa
del posgrado correspondiente**

Dra. Tania Montoya García
**Jefe(a) de la División de Estudios
de Posgrado e Investigación**

Durango, Dgo. México



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Blvd. Felipe Pescador No. 1830 Ote., Durango, Dgo.,
C.P. 34080 Tels. 618-818-69-36
e-mail: deposgrado@itdurango.edu.mx
tecnm.mx | itdurango.edu.mx





RESUMEN

El agua es un recurso limitado y esencial para la vida, por lo que su deterioro representa un problema crítico. Entre los contaminantes más peligrosos destacan los metales pesados, cuya presencia en cuerpos de agua genera daños severos en los ecosistemas y riesgos tóxicos para la población. La principal fuente de estos contaminantes proviene de actividades humanas, especialmente las industriales como la minería. En particular, el drenaje ácido de minas y la filtración de lixiviados ocasionados por un manejo inadecuado de efluentes permiten que ríos, pozos y acuíferos cercanos superen los límites establecidos en la Norma Oficial Mexicana (NOM). Si bien la comunidad científica ha encauzado esfuerzos en desarrollar tecnologías para remover metales pesados, muchos de estos métodos resultan costosos, complejos o con eficiencia limitada.

En este contexto, el presente trabajo desarrolló una alternativa eficiente y accesible para la remoción de cobre y manganeso en agua de pozo contaminada. Se empleó la Técnica de Aglomeración Esférica (TAE) utilizando aceite de oliva como agente humectante y extracto comercial de yucca como surfactante. Ambos materiales representan opciones de bajo costo y fácil disponibilidad, lo que favorece su aplicación en comunidades afectadas. El agua analizada provino de San José de Avino, en el municipio de Pánuco de Coronado, Durango, región que presenta niveles elevados de cobre y manganeso debido a la actividad minera, superando ampliamente los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la NOM-127-SSA-2021.

El proyecto se desarrolló en dos etapas experimentales. En la primera se evaluó el efecto del pH (9, 10 y 11) sobre la eficiencia de remoción de los metales. En la segunda etapa se estudiaron diferentes concentraciones de surfactante (0.5, 1 y 1.5 mL/g de contaminante) y de aceite de oliva (3, 9 y 15 mL/g), además de variar la velocidad de agitación (150, 300 y 450 rpm) y el pH (8.5, 9.5 y 10.5). Posteriormente se midieron las concentraciones finales de los metales.





Los resultados demostraron que la combinación de aceite de oliva y extracto de yucca permite alcanzar eficiencias de remoción de hasta 99%, confirmando que los aceites vegetales son una alternativa viable y sustentable frente a solventes tradicionalmente utilizados en la TAE como el n-heptano. Esta propuesta representa una opción prometedora para tratar agua de pozo contaminada.





ABSTRACT

Water is a limited and essential resource for life; therefore, its deterioration constitutes a critical environmental concern. Among the most harmful pollutants are heavy metals, whose presence in aquatic systems leads to severe ecological damage and poses significant toxic risks to human populations. The main sources of these contaminants are anthropogenic activities, particularly industrial processes such as mining. Acid mine drainage and leachate infiltration resulting from inadequate effluent management allow nearby rivers, wells, and aquifers to exceed the regulatory limits established by the Mexican Official Standards. Despite ongoing scientific efforts to develop new technologies for heavy metal removal, many available methods remain costly, complex, or show limited effectiveness.

In this context, the present study developed an efficient and accessible alternative for the removal of copper and manganese from contaminated well water. The Spherical Agglomeration Technique was applied using olive oil as a wetting agent and commercial yucca extract as a surfactant. Both materials are low-cost, readily available, and suitable for implementation in affected communities. The water samples used in this study were collected from San José de Avino, located in the municipality of Panuco de Coronado, Durango, an area with elevated concentrations of copper and manganese due to intensive mining activities, far exceeding the maximum permissible limits (MPL) established by NOM-127-SSA-1994.

The project was conducted in two experimental stages. The first stage evaluated the effect of pH (9, 10, 11) on metal removal efficiency. The second stage explored different surfactant concentrations (0.5, 1.0, 1.5 mL/g of contaminant) and doses of olive oil (3, 9, 15 mL/g), as well as variations in agitation speed (150, 300, 450 rpm) and pH (8.5, 9.5, 10.5). Final metal concentrations were then analyzed to determine the performance of each condition.





Results demonstrated that the combination of olive oil and yucca extract achieved removal efficiencies of up to 99%, confirming that vegetable oils constitute a viable and sustainable alternative to conventional solvents used on the Spherical Agglomeration Technique, such as n-heptane. This approach represents a promising and practical solution for treating contaminated water.

