



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE DURANGO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**Disminución de la concentración de fluoruro presente en agua de
abastecimiento a través de la TAE**

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro(a)

Presenta:

Ing. Bibiana Inés Duarte Reyes

Director(a) de tesis:

Dr. Félix Alonso Alcázar Medina

Codirector(a)

Dra. Cynthia Manuela Núñez Núñez

Durango, Dgo. México

Junio 2025





Victoria de Durango, Dgo., a **28 / Mayo / 2025.**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DEPI / C / 267 / 2025.

ASUNTO: Autorización de Impresión de Tesis de Maestría.

C. BIBIANA INÉS DUARTE REYES
No. DE CONTROL G23040242
P R E S E N T E .

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:

“Disminución de la concentración de fluoruro presente en agua de abastecimiento a través de la TAE”

Sin otro particular de momento, quedo de Usted.

A T E N T A M E N T E .

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


C. FRANCISCO JAVIER GODÍNEZ GARCÍA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



FJGG'ammc.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

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





Victoria de Durango, Dgo., a **28 / Mayo / 2025.**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DEPI / C / 266 / 2025.

ASUNTO: Autorización de Tema de Tesis de Maestría.

C. BIBIANA INÉS DUARTE REYES
No. DE CONTROL G23040242
P R E S E N T E .

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 Maestra en Sistemas Ambientales** cuyo título es:

"Disminución de la concentración de fluoruro presente en agua de abastecimiento a través de la TAE"

CONTENIDO:

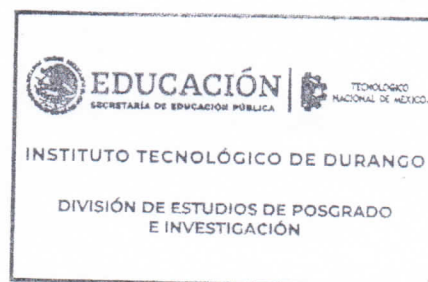
	RESUMEN
	ABSTRACT
CAPÍTULO I.	INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO II.	MARCO TEÓRICO
CAPÍTULO III.	MATERIALES Y MÉTODOS
CAPÍTULO IV.	RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN
CAPÍTULO V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
CAPÍTULO VI.	BIBLIOGRAFÍA

Sin otro asunto en particular, quedo de Usted.

A T E N T A M E N T E .

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

C. FRANCISCO JAVIER GODÍNEZ GARCÍA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



FJGG'ammc.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

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



LICENCIA DE USO OTORGADA POR BIBIANA INÉS DUARTE REYES, de nacionalidad mexicana, mayor de edad, con domicilio ubicado en Calle 24 de mayo # 514, Fraccionamiento Miguel de la Madrid, Durango, Dgo., en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada **"DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE FLUORURO PRESENTE EN AGUA DE ABASTECIMIENTO A TRAVÉS DE LA TAE"** 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.

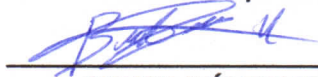
CUARTA – EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Durango; por lo tanto, **"EL AUTOR Y/O TITULAR"** conserva los derechos patrimoniales y morales de **"LA OBRA"**, objeto del presente documento.

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 catorce días del mes de mayo de 2025.

"EL AUTOR Y/O TITULAR"



BIBIANA INÉS DUARTE REYES



Durango, Dgo. a 14 de mayo de 2025

Por este conducto se hace constar que la tesis cuyo título es "*Disminución de la concentración de fluoruro presente en agua de abastecimiento a través de la TAE*" del alumno (a) Bibiana Inés Duarte Reyes, con numero de control 23040242, estudiante del programa de 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 10% de similitud general.

En base al reporte Turnitin, el criterio ético y profesional del director de tesis y al área del programa, se considera que 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,

Dr. Félix Alonso Alcázar Medina

Director de la Tesis

Vo. Bo

M.I. María Dolores Josefina Rodríguez

Rosales

Asesora

Dr. Felipe Samuel Hernández Rodarte

Asesor

Dra. Cynthia Manuela Núñez Núñez

Codirectora de la Tesis

Dr. Sergio Valle Cervantes

Asesor

C.c.p.:

Alumno

Coordinación del programa





Disminución de la concentración de fluoruro presente en agua de abastecimiento a través de la TAE

Presenta:

Bibiana Inés Duarte Reyes

COMITÉ TUTORIAL

<u>Dr. Félix Alonso Alcázar Medina</u> Director(a)	 Firma
<u>Dra. Cynthia Manuela Núñez Núñez</u> Codirector(a) o asesor(a)	 Firma
<u>M.I. María Dolores Josefina Rodríguez Rosales</u> Asesor(a)	 Firma
<u>Dr. Sergio Valle Cervantes</u> Asesor(a)	 Firma
<u>Dr. Felipe Samuel Hernández Rodarte</u> Asesor(a)	 Firma

Dra. Tania Montoya García
Coordinador(a) de la Maestría
en Sistemas Ambientales

Dr. Francisco Javier Godínez García
Jefe de la División de Estudios de
Posgrado e Investigación

Durango, Dgo. México

Junio 2025



Bibiana Ines Duarte Reyes

TESIS 1- Bibiana Duarte.docx



Tecnológico Nacional de México

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::20755:445785761

Fecha de entrega

4 abr 2025, 10:10 a.m. GMT-6

Fecha de descarga

4 abr 2025, 10:25 a.m. GMT-6

Nombre de archivo

TESIS 1- Bibiana Duarte.docx

Tamaño de archivo

4.6 MB

84 Páginas

16.954 Palabras

90.052 Caracteres

10% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Small Matches (less than 10 words)

Top Sources

- 9%  Internet sources
- 2%  Publications
- 4%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.



RESUMEN

El municipio de Durango se abastece de agua potable a través del acuífero Valle del Guadiana, el cual ha registrado concentraciones de fluoruro en agua de abastecimiento por arriba del límite máximo permisible (LMP) establecido por la NOM-127-SSA1-2021 (>1.0 mg/L) y lo establecido por OMS. Concentraciones por arriba del LMP conlleva a tener una mala calidad del agua generando problemas de salud en la población como fluorosis dental, fluorosis ósea, disfunción tiroidea y disfunción renal. La presente investigación tiene como objetivo disminuir la concentración de flúor en agua de abastecimiento a través de la optimización de la técnica de aglomeración esférica (TAE).

Inicialmente se realizó el muestreo de agua de abastecimiento proveniente de los pozos que se han reportado bibliográficamente que cuentan con la mayor concentración de flúor, posteriormente se establecieron las condiciones óptimas de operación, considerando para una primera etapa de experimentación, los factores velocidad de agitación, pH inicial y tiempo por etapas de la TAE, posteriormente para la segunda etapa de experimentación se tomaron en cuenta las variables, dosis de adsorbente, dosis de surfactante y dosis de humectante, se verificaron los valores obtenidos por el software a través del análisis de varianza y del método de superficie de respuesta.

En la aplicación de la primera etapa de experimentación se lograron obtener porcentajes de remoción de hasta 79.46% esto se logró a una velocidad de agitación de 400 RPM y pH inicial de 7 y a diferentes tiempos para cada etapa de la TAE. Las variables para lograr dicha remoción fueron precipitación, hidrofobización, humectación y aglomeración con tiempos de 10, 30, 30 y 90 minutos, respectivamente. Por otro lado, para la segunda etapa de experimentación se lograron remociones de 86.30 %, lo que representa una concentración final de 0.77 mg/L de fluoruro, lo cual está por debajo de lo establecido en la normatividad.





ABSTRACT

The municipality of Durango sources its drinking water from the Valle del Guadiana aquifer, where fluoride concentrations have been recorded above the maximum permissible limit (MPL) established by NOM-127-SSA1-2021 (>1.0 mg/L) and World Health Organization (WHO) guidelines. This elevated fluoride level results in poor water quality and poses significant health risks to the population, including dental fluorosis, skeletal fluorosis, thyroid dysfunction, and kidney damage. This study aims to reduce fluoride concentrations in drinking water through the optimization of the Spherical Agglomeration Technique (SAT).

Initially, water samples were collected from supply wells previously reported in the literature to contain the highest fluoride levels. The first experimental stage focused on optimizing operating conditions, including agitation speed, initial pH, and processing time for each stage of SAT. In the second experimental stage, the variables considered were adsorbent dosage, surfactant dosage, and wetting agent dosage. The results were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and response surface methodology (RSM) to identify optimal conditions.

During the first experimental stage, a maximum fluoride removal efficiency of 79.46% was achieved at an agitation speed of 400 RPM and an initial pH of 7, with the following SAT stage durations: precipitation (10 min), hydrophobization (30 min), wetting (30 min), and agglomeration (90 min). In the second stage, removal efficiency reached 86.30%, lowering the fluoride concentration to 0.77 mg/L—within the acceptable limits set by both national and international standards.

