



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE DURANGO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Disminución de la carga contaminante del efluente de una  
mezcalera de la región, por *Stigeoclonium nanum*, en modo  
semi-continuo

*Tesis profesional*

Como parte de los requisitos para obtener el grado de Maestría en Sistemas  
Ambientales

Presenta

Q.B.T Karen Lizette Diaz Parra

Director de Tesis

D.C Alfredo de Jesús Martínez Roldán

Durango, Dgo Mexico 20-05-2025



**Disminución de la carga contaminante del efluente de una mezcalera de la  
región, por *Stigeoclonium nanum*, en modo semi-continuo**

**Presenta:**

KAREN LIZETTE DIAZ PARRA

**COMITÉ TUTORIAL**

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <u>D.C Alfredo de Jesús Martínez<br/>Roldán</u><br>Director(a)       | <br>Firma |
| <u>M.I María Dolores Josefina Rodríguez<br/>Rosales</u><br>Asesor(a) | <br>Firma |
| <u>D.C Víctor Manuel Ayala García</u><br>Asesor(a)                   | <br>Firma |
| <u>D.C Dulce Jazmín Hernández<br/>Melchor</u><br>Asesor(a)           | <br>Firma |

C. Tania Montoya García  
Coordinadora de la Maestría en  
Sistemas Ambientales

C. Francisco Javier Godínez  
García  
Jefe de la División de Estudios de



Victoria de Durango, Dgo., a **30 / Mayo / 2025.**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
DEPI / C / 290 / 2025.

**ASUNTO:** Autorización de Impresión de Tesis de Maestría.

**C. KAREN LIZETTE DIAZ PARRA**  
**No. DE CONTROL G23040241**  
**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:

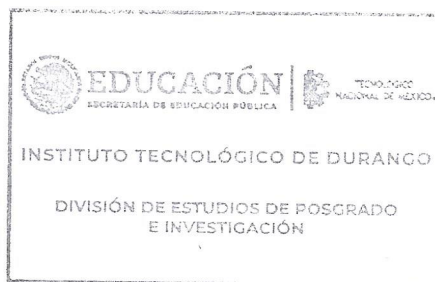
**“Disminución de la carga contaminante del efluente de una mezcalera de la región, por *Stigeoclonium nanum*, en modo semi-continuo”**

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**

Bldv. 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





Victoria de Durango, Dgo., a **30 / Mayo / 2025.**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
DEPI / C / 289 / 2025.

**ASUNTO:** Autorización de Tema de Tesis de Maestría.

**C. KAREN LIZETTE DIAZ PARRA**  
**No. DE CONTROL G23040241**  
**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 carga contaminante del efluente de una mezcalera de la región, por *Stigeoclonium nanum*, en modo semi-continuo”**

**CONTENIDO:**

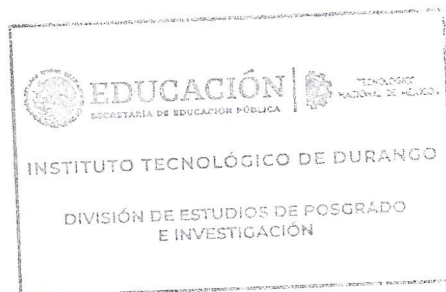
|               |                          |
|---------------|--------------------------|
|               | RESUMEN                  |
|               | ABSTRACT                 |
| CAPÍTULO I.   | INTRODUCCIÓN             |
| CAPÍTULO II.  | MARCO TEÓRICO            |
| CAPÍTULO III. | MATERIALES Y MÉTODOS     |
| CAPÍTULO IV.  | RESULTADOS Y DISCUSIONES |
| CAPÍTULO V.   | CONCLUSIONES             |
| CAPÍTULO VI.  | ANEXOS                   |

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 KAREN LIZETTE DIAZ PARRA**, de nacionalidad mexicana, mayor de edad, con domicilio ubicado en Calle Valle Oriente # 111, Fraccionamiento Valle Oriente, Durango, Dgo., en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada "Disminución de la carga contaminante del efluente de una mezcalera de la región, por *Stigeoclonium nanum*, en modo semi-continuo" 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.

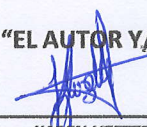
**CUARTA – EXCLUSIVIDAD:** La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Durango; por lo tanto, "**EL AUTOR Y/O TITULAR**" conserva los derechos patrimoniales y morales de "**LA OBRA**", objeto del presente documento.

**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 dieciséis días del mes de diciembre de 2021.

**"EL AUTOR Y/O TITULAR"**

  
KAREN LIZETTE DIAZ PARRA



Durango, Dgo., a 20 de mayo de 2025

Por este conducto se hace constar que la tesis denominada **“Disminución de la carga contaminante del efluente de una mezcalera de la región, por *Stigeoclonium nanum*, en modo semi-continuo”**, de la alumna **Q.B.T Karen Lizette Diaz Parra**, con número de control **23040241**, estudiante del programa Maestría en Sistemas Ambientales, revisada por primera vez, se sometió al software Turnitin Similarity para ser examinado, en donde el reporte del software mencionado mostró un porcentaje de **6%** 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 con los criterios de originalidad. En base a lo anterior se emite el siguiente dictamen: **Se autoriza dar inicio a los trámites de obtención de grado.**

Atentamente,



Dr. Alfredo de Jesús Martínez Roldán  
Director de la Tesis

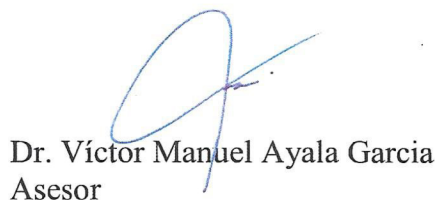
Vo.Bo.



M.I. María Dolores Josefina Rodríguez Rosales  
Asesor



Dra. Dulce Jazmín Hernández Melchor  
Asesor



Dr. Víctor Manuel Ayala García  
Asesor

Cp Alumno  
Coordinación del programa



---

## Abstract

The microalgae are photosynthetic microorganisms that according to light, operational conditions, nutrients (organic and/or inorganic), and the operational modes can present an autotrophic, heterotrophic, and mixotrophic metabolism. Therefore, in this research, *Stigeoclonium nanum* was evaluated both in batch and semi-continuous batch mode (with a dilution rate of  $0.033\text{ d}^{-1}$ ) for reduction of pollutant load and nutrients (N and P) from the effluent of a mezcal company of Durango state. This because, green microalgae have shown beneficial results in the phycoremediation processes of effluents from the dairy and distilled spirits industries, and because exhibit tolerance to the acid conditions, color, turbidity, etc. of the residuals.

In this study, the concentrations of  $\text{N-NO}_3$ ,  $\text{P-PO}_4$ , DQO, and total carbohydrates in both operational modes, reached a reduction over 50% for  $\text{N-NO}_3$ ,  $\text{P-PO}_4$ , while the COD, and total carbohydrates reduced approximately 28 – 34 % of the treated effluent. Reading to color reduction, the best percentage was achieved in the semi-continuous mode reaching values above to 60 %, however, in this operation mode, an increase in  $\text{N-NH}_3$  was observed in the system. Therefore, it is concluded that *S. nanum*, regardless of the operation mode, promotes the removal of nutrients and pollutant loads from effluents with a high degree of toxicity, however, a semi-continuous batch could be a more feasible alternative to treat largest amount of this type of effluent, this in comparison with batch operation.

---

## Resumen

Las microalgas son microorganismos fotosintéticos que, dependiendo principalmente de las condiciones de luz, disponibilidad de nutrientes (orgánicos y/o inorgánicos) y los modos operacionales en los fotobiorreactores, pueden presentar un metabolismo autótrofo, heterótrofo y mixotrófico. Por lo que en esta investigación se evaluó a *Stigeoclonium nanum*, tanto en lote como en modo lote-semicontinuo (con una tasa de dilución de  $0.033 \text{ d}^{-1}$ ), para disminuir la carga contaminante y la concentración de nutrientes (N y P) presentes en el efluente de una mezcalera del estado de Durango. Lo anterior es debido a que las microalgas verdes han presentado resultados benéficos en los procesos de biorremediación de efluentes de la industria láctea y de bebidas alcohólicas y/o de destilería, debido a que presentan una tolerancia ante las condiciones de acidez, color, turbidez, etc. de estos efluentes.

En este trabajo la concentración de  $\text{N-NO}_3$ ,  $\text{P-PO}_4$ , DQO, carbohidratos totales, en los dos modos operacionales presentaron reducciones de nutrientes arriba del 50 %  $\text{N-NO}_3$  y  $\text{P-PO}_4$ , mientras que para la DQO y carbohidratos fueron alrededor del 28 – 34 % del efluente tratado. Respecto a la reducción de color el mejor porcentaje se obtuvo en el modo lote-semicontinuo con un porcentaje por encima del 60 %, sin embargo, en este modo operativo se presentó un aumento en la concentración de  $\text{N-NH}_3$  en el sistema. Por lo que se concluye que *S. nanum* independientemente del modo operativo favorece remociones tanto de nutrientes como de carga contaminante provenientes de efluentes con alto grado de toxicidad, sin embargo, un modo lote-semicontinuo, puede llegar a ser una alternativa más factible para tratar mayor cantidad de este tipo de efluentes en comparación con el lote.