

FORMATO PARA EL REPORTE FINAL

1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.

1.1. DATOS DEL RESPONSABLE TÉCNICO (Nombre, Cargo e Institución, CVU actualizado)

Dr. Carlos Eduardo Santolalla Vargas

Profesor Titular B

CIEMAD del Instituto Politécnico Nacional

No CVU actualizado 366834

1.2. TÍTULO DESCRIPTIVO DE LA PROPUESTA

La propuesta consistió en el desarrollo del sistema fotocatalítico para la degradación de pesticidas con luz visible y UV. Además, se enfocó en la síntesis de catalizadores heterogéneos basados en óxidos, sulfuros y metales soportados sobre diversos materiales de elevada área superficial (γ -alúmina y TiO₂). Se correlacionó la actividad fotocatalítica con las características fisicoquímicas de las fases activas y variables macroscópicas de síntesis en catalizadores que permitieron el diseño racional de catalizadores

2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO	Degradación fotocatalítica de organofosforados y fenólicos en aguas proveniente de la agricultura mexicana
ÁREA DE DESARROLLO: 3	Desarrollo e implementación de sistemas de tratamiento de cuerpos de agua circundantes a cultivos con uso intensivo de agroquímicos tóxicos.

OBJETIVO GENERAL	Degradación fotocatalítica de fenol y clorofenol con catalizadores sulfuros u óxidos.
TIEMPO DE EJECUCIÓN (meses)	6 meses
RELEVANCIA DEL PROYECTO (máximo 300 palabras)	El uso de fotocatalizadores que trabajen con luz visible beneficiará en la degradación de agroquímicos tóxicos que se encuentren en cuerpos de aguas cercano a zonas agrícolas y de esta manera beneficiará la población que usa esos cuerpos de agua en la vida diaria.
RESULTADOS E IMPACTOS (máximo 300 palabras)	Los resultados sugirieron un potencial catalizador de Fe-Cl soportado en TiO₂ que se pueda escalar a nivel planta piloto para utilizarlo en cuerpos de agua cercano a regiones agrícolas. Disminución de enfermedades relacionados con la ingesta de aguas contaminadas con agroquímicos tóxicos.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

3.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La fotocatalisis es un importante proceso que se utiliza en tratamiento de contaminantes en aguas residuales. Actualmente, hay estudios de degradación fotocatalítica de compuestos orgánicos como ácidos carboxílicos, aminas, esterres, componentes nitrogenados, alcoholes, entre otros[1]. Asimismo, los pesticidas es un área de relevancia por el incremento de su uso para la agricultura. En este sentido, se han encontrado compuestos organofosforados y fenólicos en cuerpos de aguas cercanas a las zonas agrícolas[2-4]. Estos

compuestos son considerados como contaminantes emergentes debido a que tienen un gran potencial para causar daño al medio ambiente [5]. En este sentido, pentaclorofenol y fosfamidon son compuestos altamente dañinos para la salud pública [6-9]. Asimismo, estos compuestos han sido detectados en cuerpos de aguas cercano a zonas agrícolas[10]. Debido a lo anterior, se necesitan procesos alternativos a los convencionales para degradar estos compuestos que deterioran paulatinamente el medio ambiente. En este aspecto, el proceso fotocatalítico con materiales heterogéneos han mostrado interesantes resultados en la degradación de contaminantes como azul de metileno, naranja de metileno, sulfuro de rodamina, rodamina b, rojo Congo, fenol, clorobenceno, entre otros [11-21]. Sin embargo, en la degradación de contaminantes emergentes como pesticidas han sido poco estudiados. Por otro lado, los fotocatalizadores tradicionales son en base a titania u óxido de titania en sus diferentes métodos de síntesis. Este fotocatalizador tradicional ha sido el más utilizado principalmente por su propiedad semiconductor [11-21]. Sin embargo, sus propiedades texturales como la baja área superficial limitan el procesamiento en grandes volúmenes de contaminante. De acuerdo a lo anterior, se incrementa el interés del uso de novedosos catalizadores con propiedades texturales significativas y semiconductoras. En este sentido, los sulfuros de molibdeno, níquel, cadmio entre otros; han mostrado interesante actividad fotocatalítica como azul de metileno y 4 nitro fenol con conversiones significativas de estos compuestos [22-25].

De acuerdo a lo anterior, la utilización de fotocatalizadores en la degradación de agroquímicos tóxicos ha sido poco estudiado. En este aspecto, la degradación fotocatalítica con catalizadores sulfuros se presenta como una alternativa potencial para la degradación de pesticidas.

3.2. JUSTIFICACIÓN. La agricultura mexicana necesita procesos alternativos para mitigar el impacto de utilizar pesticidas como organofosforados y fenólicos que son vertidos en aguas utilizados para la agronomía.

3.3. OBJETIVO GENERAL

Degradación fotocatalítica de fosfamidón y pentaclorofenol con catalizadores sulfuros u óxidos

3.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1) Estudiar la degradación fotocatalítica de fosfamidón y pentaclorofenol: Se medirá la degradación por medio de espectroscopía de uv vis y la mineralización por carbono orgánico total (TOC)

2) Estudiar el efecto de catalizadores sulfuros u óxidos en la degradación fotocatalítica de fosfamidón y pentaclorofenol: Se estudiará las diferentes formulaciones de síntesis para obtener un potencial catalizador

3.4. ACERCAMIENTO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.

Síntesis de los Catalizadores

Los ensayos para la preparación de los catalizadores sulfuros consistió en el empleo de diversos métodos como sol-gel, co-precipitación e impregnación. Los catalizadores se sintetizarán a diferente relación molar ($\alpha=M/(Ni+M)$) tanto en los máscos como en los soportados. Los parámetros a considerar en la síntesis de co-precipitación y sol -gel serán: el control de pH durante la adición del agente precipitante a la solución precursora, los tiempos de envejecimiento, agentes polimerizantes, solventes, temperatura de síntesis y calcinación y naturaleza del precursor. Los catalizadores soportados en $\gamma-Al_2O_3$ se realizaron mediante el método de impregnación con exceso de volumen de los componentes metálicos disueltos sobre el soporte en proporciones mencionadas. El objetivo del método de impregnación es tener los precursores metálicos distribuidos homogéneamente en la matriz y obtener el producto final durante la calcinación.

Caracterización

Se analizó la estructura y la microestructura de los catalizadores heterogéneos sintetizados por el grupo de trabajo y se caracterizarán por distintas técnicas fisicoquímicas como Adsorción-desorción de N_2 (superficie BET), Difracción de Rayos X (DRX), Espectroscopía de reflectancia difusa en la región UV-Visible (DRS), espectroscopía IR, reducción a temperatura programada, espectroscopía Raman, análisis térmico, espectrómetro de emisión óptico con plasma de acoplamiento inductivo(ICP), espectroscopía fotoelectrónica de rayos X y microscopía electrónica en modo de alta resolución. Estas técnicas se realizaron con el apoyo de instituciones externas como UPIITA, UAM y Centro de Nanociencias y Micro y Nanotecnología del Instituto Politécnico Nacional.

Evaluación catalítica

Las pruebas de la degradación fotocatalítica de fenol y clorofenol se llevó a cabo en un reactor de cuarzo de 1 L con 20 ppm de contaminante. La solución se agitó por 30 min para que haya adsorción del compuesto en el catalizador sulfuro. La lámpara que se utilizó es de región visible y ultra violeta. La reacción se midió por espectroscopía de Uv vis y TOC la ecuación siguiente:

% de degradación: $(C_i - C_t) / C_i * 100$

Donde C_i es la absorción inicial de contaminante y C_t es la concentración en el tiempo.

4. GRUPO DE TRABAJO.

Dr. Carlos Eduardo Santolalla Vargas (Nivel de SNI: 1)

Diseño de reactores por lotes de diferentes volúmenes para la degradación de pesticidas. Responsable técnico del proyecto.

Dr. José Antonio de los Reyes Heredia (Nivel de SNI: SNI 3)

Caracterización de materiales en estado óxido: reducción a temperatura programada.

Dr. Francisco Javier Tzompantzi Morales (Nivel de SNI: 3)

Medición de la banda prohibida (band gap) por medio de reflectancia difusa de ultravioleta y visible para los distintos fotocatalizadores.

Dr. Victor Florencio Santes Hernandez (Nivel de SNI: 1)

Caracterización de materiales en estado sulfuro por espectroscopía fotoelectrónica de rayos X. Responsable administrativo del proyecto

Dra. Issis Claudette Romero Ibarra (Nivel de SNI: 2)

Caracterización de área superficial y porosidad de los fotocatalizadores.

Dr. Felipe Sánchez Minero (Nivel de SNI: 1)

Caracterización de materiales en estado sulfuro por espectroscopía raman.

Diego Alvarez Bustos

Estudiante CIIEMAD-ESIQIE de maestría: trabajó en las reacciones de fotodegradación de contaminantes emergentes

Selene Gonzalez Ledesma

Estudiante CIIEMAD de maestría: trabajó en las reacciones de fotodegradación de contaminantes emergentes

5. PRODUCTOS OBTENIDOS.

A continuación se describe los productos obtenidos:

E1M1-M2: Instalación del sistema de reacción de degradación pesticidas. Síntesis de catalizadores. Estandarización y control de los procesos por fenómenos transporte de difusión interna y externa (avance al 100 %):

Se instaló los diferentes sistemas de reacción de fotocatalisis con volúmenes de 750 ml y 250 ml. En este sentido, los reactores por lotes de 750 ml se uso para la foto degradación de contaminantes con luz visible. Los reactores de 250 ml se uso

para la degradación con luz ultravioleta a 254 nm. Los catalizadores se sintetizaron con el método de impregnación incipiente. Se utilizó diferentes metales de transición como Ni, Fe, Co y Cu soportados en TiO₂. La difusión interna y externa se controló con tamaños de partícula entre 80-100 mallas y agitación entre 500 y 800 RPM.

E1M3-M4: Degradación foto catalítica de fosfamidón y pentaclorofenol. Medición de la reacción por espectroscopía de Uv vis y carbono orgánico total (TOC) (avance al 100 %):

Se midió la degradación de fenol y 3-clorofenol en la región visible y ultravioleta. El catalizador sulfuro de FeCl soportado en TiO₂ mostro una interesante actividad catalítica. Las soluciones de la reacción de fenol y clorofenol se midieron en espectroscopia de uv vis y carbono orgánico total. Los análisis de uv vis y toc mostraron la conversión de los contaminantes.

E1M4-M6: Caracterización de catalizadores sulfuros y relacionar con los resultados de reacción (avance al 100 %): Los catalizadores se caracterizaron por espectroscopía de uv vis, reducción a temperatura programada, espectroscopía foto electrónica de rayos X y espectroscopía Raman.

Se estudió a nivel fundamental las especies activas de los catalizadores y su relación con la actividad y selectividad en la reacción de degradación foto catalítica de pesticidas. Se instaló un sistema de reacción para pesticidas para el potencial escalamiento en plantas piloto de tratamiento de aguas provenientes de la agricultura como método alternativo y eco-amigable. Se creó una nueva línea de investigación en el Instituto Politécnico Nacional para la degradación de pesticidas y a la vez ayuda a mitigar la contaminación en aguas. (100 % de avance)

Número	Metas	Resultados	Entregables
1	Sistema de reacción de degradación de pesticidas (3 meses)	se diseñó los sistemas de reacción de 750 ml y 250 ml para luz ultravioleta y visible.	Sistema de reacción luz visibles y ultravioleta
2	Un potencial catalizador de degradación de	Se sintetizó un catalizador de FeCl soportado	Metodología de síntesis de catalizador de

	pesticidas (3 meses)	en TiO ₂ con potencial aplicación en pesticidas	sulfuro Fe-Cl/TiO ₂ (artículo y tesis de Diego Alvarez)
3	Artículos	Se sometió dos artículos relacionado directamente con el proyecto	Dos artículos de investigación bajo revisión en catalyst Journal y Fuel Journal
4	Congresos	Se participó en dos congresos relacionado directamente con el proyecto	4 congresos internacionales los trabajos de los alumnos graduados de maestría
5	Formación de recursos humanos	Selene gonzalez Diego Alvarez	Dos alumnos de maestría graduados
Número	Equipos		Entregables de equipo
6	Fotoreactor de 40 litros en sistema continuo		Escalamiento del foto reactor con extrudidos Tesis de licenciatura en energía
7	Extrusor de catalizadores		Sistema de extrusión de fotocatalizadores
8	Sistema de sulfuración		Dos sistemas de sulfuración
9	Equipo carbono orgánico total para soluciones		Equipo carbono orgánico total

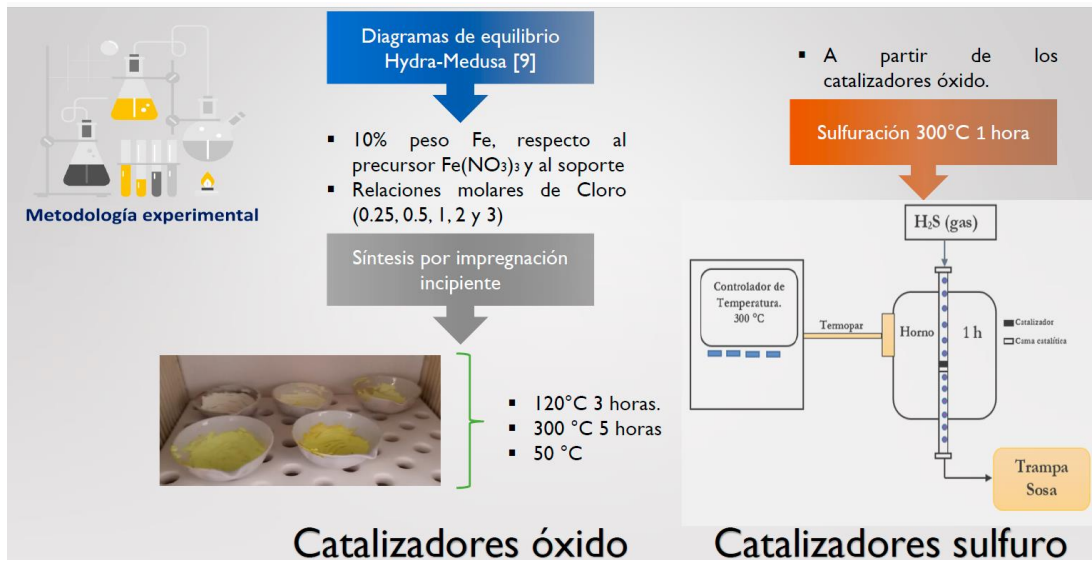
	de reacción fotocatalítica		
10	Espectrómetro de uv vis para soluciones de reacción fotocatalítica		Espectrómetro de uv vis
11	Balanza analítica para la síntesis de catalizadores		Balanza analítica
12	Campana de extracción para las fotos reacciones catalíticas		Campana de extracción para las fotos reacciones catalíticas

Evidencia de los entregables

1:



2:



3:

Manuscript Information Overview

Manuscript ID **catalysts-1636999**

Status Pending review

Article type Article

Title Synthesis and Evaluation of FeSx/TiO₂ for the Photocatalytic Degradation of Phenol under visible light region.

Journal [Catalysts](#)

Section [Photocatalysis](#)

Special Issue [Photocatalytic Reaction Engineering for Energy Conversion, Water and Air Purification](#)

Abstract In the present work, phenol was used as a model molecule to the photocatalytic evaluation of TiO₂ impregnated with iron sulphide and chlorine on a visible light reactor. The iron-chlorine catalyst was prepared by incipient impregnation with the metal precursors, Fe(NO₃)₃ and NaCl on previously calcined TiO₂. The catalyst was sulphurized with H₂S at 300 °C for 1 hour. The catalysts were prepared at different chlorine concentrations, using HYDRA chemical equilibrium diagrams to obtain different fractions of FeCl₃. The oxide catalysts were characterized with diffuse reflectance (DRS UV-Vis) and Temperature Programmed Reduction Analysis (TPR). Sulphurized catalysts were characterized with RAMAN spectrometry and X-ray Photoelectron Spectrometry (XPS). FeS-2Cl/TiO₂ catalyst presented 8.35 times higher photodegradation than TiO₂ and 6.4 times higher compared to the FeS-0.25Cl/TiO₂ catalyst. DRS and XPS showed similar results of band gap, proving that the catalyst remain stable after sulphurisation. TPR results of FeS-2Cl/TiO₂ showed an increment of 86.29% in Fe²⁺/Fe³⁺ compared to FeS-0.25/TiO₂. XPS and RAMAN results for oxide and sulphated iron species relation suggested that FeS-2Cl/TiO₂ decreased 4.45% compared to FeS-0.25/TiO₂ catalyst. XPS semiquantitative for S/Fe results showed that the FeS-2Cl/TiO₂ catalyst increased 73.17% in comparison to FeS-0.25/TiO₂. These results suggested the increment of sulphurisation degree for FeS-2Cl/TiO₂. In this regard, the catalyst characterization results showed that the presence of FeCl₃ (0.85 fractions) in solution, previously to impregnation promoted active sulphide species maintaining the band gap and improved the degradation of phenol on visible light.

Keywords Degradation, Photocatalysis, Phenol, Impregnation.

Manuscript File [manuscript.docx](#)

PDF File [manuscript.pdf](#)

–Article Type of the Paper (Article, Review, Communication, etc.)

Synthesis and Evaluation of FeSx/TiO₂ for the Photocatalytic Degradation of Phenol under visible light region.

Diego Alvarez¹, Felipe Sanchez-Minero¹, Víctor Santos¹, Issis Romero-Ibarra¹, J.A. de los Reyes⁴, Reyna Rios Escobedo⁵, Francisco Tzompantzi⁵ and C.E. Santolalla-Vargas ^{2,*}

- ¹ Departamento de Ingeniería Química Petrolera, ESIQIE, Instituto Politécnico Nacional, Zacatenco, C.P. 07738, Ciudad de México, México.
 - ² Departamento de Biociencias e Ingeniería, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (CIEMAD), Instituto Politécnico Nacional, C.P. 07340, Ciudad de México, México.
 - ³ Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas- Instituto Politécnico Nacional, Av. IPN No. 2580, Gustavo A. Madero, C.P. 07340, Ciudad de México, México.
 - ⁴ Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, C.P. 09340, Ciudad de México, México.
 - ⁵ Departamento de Ingeniería Química, Área de Catálisis, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 189, Col. Vicentina, C.P. 09340, Ciudad de México, México.
- * Correspondence: csantolalla@ipn.mx

Abstract

In the present work, phenol was used as a model molecule to the photocatalytic evaluation of TiO₂ impregnated with iron sulphide and chlorine on a visible light reactor. The iron-chlorine catalyst was prepared by incipient impregnation with the metal precursors, Fe (NO₃)₃ and NaCl on previously calcined TiO₂. The catalyst was sulphurized with H₂S at 300 °C for 1 hour. The catalysts were prepared at different chlorine concentrations, using HYDRA chemical equilibrium diagrams to obtain different fractions of FeCl⁺. The oxide catalysts were characterized with diffuse reflectance (DRS UV-Vis) and Temperature Programmed Reduction Analysis (TPR). Sulphurized catalysts were characterized with RAMAN spectrometry and X-ray Photoelectron Spectrometry (XPS). FeS-2Cl/TiO₂ catalyst presented 8.35 times higher photodegradation than TiO₂ and 6.4 times higher compared to the FeS-0.25Cl/TiO₂ catalyst. DRS and XPS showed similar results of band gap, proving that the catalyst remain stable after sulphurisation. TPR results of FeS-2Cl/TiO₂ showed an increment of 86.29% in Fe²⁺/Fe³⁺ compared to FeS-0.25/TiO₂. XPS and RAMAN results for oxide and sulphated iron species relation suggested that FeS-2Cl/TiO₂ decreased 4.45% compared to FeS-0.25/TiO₂ catalyst. XPS semiquantitative for S/Fe results showed that the FeS-2Cl/TiO₂ catalyst increased 73.17% in comparison to FeS-0.25/TiO₂. These results suggested the increment of sulphurisation degree for FeS-2Cl/TiO₂. In this regard, the catalyst characterization results showed that the presence of FeCl⁺ (0.85 fractions) in solution, previously to impregnation promoted active sulphide species maintaining the band gap and improved the degradation of phenol on visible light.

Keywords: Degradation, Photocatalysis, Phenol, Impregnation.

Citation: Lastname, F.; Lastname, F.; Lastname, F. Title. *Catalysts* 2021, 11, x. <https://doi.org/10.3390/cxxxx>

Academic Editor: Firstname Lastname

Received: date
Accepted: date
Published: date

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Funding: This research was funded by Conacyt project “Desarrollo de innovaciones tecnológicas para una agricultura mexicana libre de Agroinsumos tóxicos” #316022, Project SIP-IPN #20212069

Acknowledgments: In this section, you can acknowledge any support given which is not covered by the author contribution or funding sections. This may include administrative and technical support, or donations in kind (e.g., materials used for experiments).

← Submissions Being Processed for Author

Page: 1 of 1 (1 total submissions)

Results per page 10

Action	Manuscript Number	Title	Authorship	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
Action Links	JFUE-D-22-01464	High photoactivity of ZrxOy-Bi2O2(CO3) composite materials prepared by one-step synthesis for efficient degradation of 4-Chlorophenol under UV light.	Other Author	Feb 22, 2022	Feb 23, 2022	With Editor

Page: 1 of 1 (1 total submissions)

Results per page 10

Acknowledgements

The authors want to thank to CONACYT for financial support granted through the project "Desarrollo de innovaciones tecnológicas para una agricultura mexicana libre de Agroinsumos tóxicos" # 316022, SIP-IPN # 20212069

4:



Universidad
Industrial de
Santander



XII SIMPOSIO COLOMBIANO DE CATÁLISIS

Noviembre 29 y 30 de 2021

OTORGA EL PRESENTE CERTIFICADO AL

PÓSTER

SÍNTESIS Y EVALUACIÓN DE $\text{FeCl}_3/\text{TiO}_2$ EN LA DEGRADACIÓN FOTOCATALÍTICA DE FENOL

De los autores: Diego Álvarez Bustos, Carlos Santolalla Vargas, José Antonio de los Reyes Heredia, Reyna Ríos Escobedo, Víctor Florencia Santes Hernández y José Felipe Sánchez Minero.

VÍCTOR BALDOVINO MEDRANO

Presidente Sociedad Colombiana de
Catálisis

FERNANDO MARTÍNEZ ORTEGA

Presidente comité académico del XII
Simposio Colombiano de Catálisis



Universidad
Industrial de
Santander



XII SIMPOSIO COLOMBIANO DE CATÁLISIS

Noviembre 29 y 30 de 2021

OTORGA EL PRESENTE CERTIFICADO AL

PÓSTER

FOTOCATALIZADORES DE TiO₂ IMPREGNADOS CON Ni EN LA REACCIÓN DE FOTODEGRADACIÓN DE IBUPROFENO

De los autores: Selene González, Reyna Ríos, José A. de los Reyes, Víctor F. Santes,
y Carlos E. Santolalla.

VÍCTOR BALDOVINO MEDRANO

Presidente Sociedad Colombiana de
Catálisis

FERNANDO MARTÍNEZ ORTEGA

Presidente comité académico del XII
Simposio Colombiano de Catálisis



La Academia de Catálisis A.C.

Otorga la presente:

CONSTANCIA

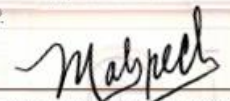
A: Selene Gonzalez-Ledesma, Reyna Rios-Escobedo, José Antonio de Los Reyes,
Victor Santes and Carlos Eduardo Santolalla-Vargas

Por la presentación en cartel titulada:

*DEGRADACIÓN FOTOCATALÍTICA DE IBUPROFENO EMPLEANDO TiO_2 IMPREGNADO
CON COBALTO*

Presentada durante el VIII Congreso Internacional y XVII Congreso Mexicano de Catálisis, que se llevó a cabo del
7 al 12 de noviembre del 2021 en San Luis Potosí, S.L.P.


Jorge Noé Díaz de León Hernández
Presidente del Comité Científico


María Guadalupe Cárdenas Galindo
Presidente del Comité Organizador

“Nuevas fronteras en Catálisis”





La Academia de Catálisis A.C.

Otorga la presente:

CONSTANCIA

A: Diego Alvarez Bustos, Carlos Eduardo Santolalla Vargas, José Antonio de Los Reyes Heredia, Reyna Ríos Escobedo, Victor Florencio Santes Hernández and José Felipe Sanchez Minero

Por la presentación en cartel titulada:

SINTÉSIS Y EVALUACIÓN DE $FeCl_3/TiO_2$ EN LA DEGRADACIÓN FOTOCATALÍTICA DE FENOL

Presentada durante el VIII Congreso Internacional y XVII Congreso Mexicano de Catálisis, que se llevó a cabo del 7 al 12 de noviembre del 2021 en San Luis Potosí, S.L.P.


Jorge Noé Díaz de León Hernández
Presidente del Comité Científico


María Guadalupe Cárdenas Galindo
Presidente del Comité Organizador

“Nuevas fronteras en Catálisis”



5:

SIP-15-01

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE EXAMEN DE GRADO DE MAESTRÍA

En la Ciudad de México, a las 17:00 horas del día 27 del mes de enero del año 2022, reunidos en el Aula Magna designado(a) para tal efecto, los Profesores del Centro

Dr. PEDRO FRANCISCO RODRÍGUEZ ESPINOSA, Dr. ARMANDO DE JESÚS ESPADAS ÁLVAREZ, Dr. CARLOS EDUARDO SANTOLALLA VARGAS, M. en C. MARIA DE LA LUZ VALDERRABANO ALMEGUA, Dra. ISSIS CLAUDETTE ROMERO IBARRA designados para integrar el Jurado de Examen de Grado de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ESTUDIOS AMBIENTALES Y DE LA SUSTENTABILIDAD de:

SELENE GONZÁLEZ LEDESMA

con registro (A200153) y considerando que ha cumplido con los requisitos correspondientes, se procedió a efectuar el examen en los términos que establece el Reglamento de Estudios de Posgrado. Después de concluir la disertación y réplica de rigor, el jurado deliberó, habiéndose obtenido el siguiente resultado:

-- APROBADO CON CUM LAUDE --

Para constancia se levantó la presente acta a las 18:37 horas del día 27 del mes de enero del año 2022 misma que suscriben los sinodales mencionados.

PRÉSIDENTE


Dr. PEDRO FRANCISCO RODRÍGUEZ ESPINOSA

SECRETARIO


Dr. ARMANDO DE JESÚS ESPADAS ÁLVAREZ

1er. VOCAL


Dr. CARLOS EDUARDO SANTOLALLA VARGAS

2º VOCAL


M. en C. MARIA DE LA LUZ VALDERRABANO ALMEGUA

3er. VOCAL


Dra. ISSIS CLAUDETTE ROMERO IBARRA

Degradación fotocatalítica de ibuprofeno con fotocatalizadores de TiO2 impregnados con Ni y Co

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

EL SUSCRITO DIRECTOR DEL CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS SOBRE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO CERTIFICA que las firmas que anteceden son auténticas y corresponden a las personas cuyos nombres aparecen en esta acta.


DRA. LAURA ARREOLA MENDOZA


DR. VICTOR FLORENCIO SANTES HERNÁNDEZ

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SECRETARÍA
DE
EDUCACIÓN PÚBLICAINSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-15

ACTA DE EXAMEN DE GRADO DE MAESTRÍA

ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA QUÍMICA E
INDUSTRIAS EXTRACTIVAS
SECCIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E
INVESTIGACIÓN
TESIS"SÍNTESIS Y EVALUACIÓN DE
FeS₂/TiO₂ PARA LA DEGRADACIÓN
FOTOCATALÍTICA DEL FENOL EN LA
REGIÓN DE LA LUZ NEGRA Y VISIBLE"

En la Ciudad de México, a las 14:00 horas del día 26 del mes de enero
del año 2022 reunidos en el AULA MAGNA designado para tal efecto, los Profesores de la
Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:
Dra. Guadalupe Silva Oliver, M. en C. Miguel Hésiquio Garduño, Dr. José Felipe Sánchez Minero,
Dr. Carlos Eduardo Santolalla Vargas y Dr. Rodrigo Jiménez Gallegos.

designados para integrar el Jurado de Examen de Grado de:

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE HIDROCARBUROS Y SUS ENERGÉTICOS ASOCIADOSde: DIEGO ÁLVAREZ BUSTOS

Con registro: A200260 y considerando que ha cumplido con los requisitos correspondientes, se procedió a
efectuar el examen en los términos que establece el Reglamento de Estudios de Posgrado. Después de concluir la
disertación y réplica de rigor, el jurado deliberó, habiéndose obtenido el siguiente resultado:

APROBADO CUM LAUDE

Para constancia se levantó la presente acta a las 16:00 horas del día 26 del mes de enero del año
2022, misma que suscriben los señores mencionados.

PRESIDENTE

DRA. GUADALUPE SILVA OLIVER

SECRETARIO

M. EN C. MIGUEL HÉSIQUIO GARDUÑO

1ER VOCAL

DR. JOSÉ FELIPE SÁNCHEZ MINERO

2º VOCAL

DR. CARLOS EDUARDO SANTOLALLA
VARGAS

3ER VOCAL

DR. RODRIGO JIMÉNEZ GALLEGOS

JEFE DE LA SECCIÓN

DR. EDGAR RAMÍREZ JIMÉNEZ

Nombre y Firma

ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA QUÍMICA E
INDUSTRIAS EXTRACTIVAS
SECCIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E
INVESTIGACIÓN

Secretaría de Investigación y Posgrado

LA SUSCRITA DIRECTORA DE LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVASCERTIFICA que las firmas que anteceden son auténticas y corresponden a las personas
cuyos nombres aparecen en esta acta.DRA. LAURA ARREOLA MENDOZA

Nombre y Firma

DRA. GUADALUPE SILVA OLIVER

Nombre y Firma

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA
E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS
DIRECCIÓN

6:



CONSTANCIA

Por medio del presente se hace constar que el Protocolo:

EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE KETOPROFENO EN SOLUCIÓN ACUOSA MEDIANTE UN FOTO-REACTOR UTILIZANDO UN CONCENTRADOR SOLAR

Del (los) Alumno (s):

**CÁRDENAS TÉLLEZ KEVIN JULIO JIREH
GUTIÉRREZ QUIROZ JESÚS SHAI
MARTÍNEZ VILLEDA DIEGO ALEXANDRO**

Ha sido Registrado con número de expediente TTE-2022/1-6, para ser desarrollado como proyecto de Trabajo Terminal de la carrera Ingeniería en Energías. Y en caso de ser aprobado satisfactoriamente en las asignaturas correspondientes, servirá como titulación por opción curricular, como lo indican los lineamientos vigentes.

Se extiende la presente para los fines legales que al (a) interesado (a) convengan, el día 08 de febrero de 2022.



JRG/

Categorización: OGI.106 /28.4/2021 REGISTRO DE TÍTULOS (TESIS)

7:



8:



9:



10:



11:



12:



6. BENEFICIOS, RESULTADOS Y USUARIOS FINALES.

Se coordinó con pobladores de San Miguel de Topilejo (Tlalpan) para la recolección de aguas para degradar contaminantes de su agricultura temporal. En este sentido, se sigue colaborando con los pobladores de esta zona para implementar un sistema de degradación de aguas contaminadas utilizando el potencial catalizador que se sintetizó en el laboratorio. Por otro lado, los pobladores sugieren que se les contraté para una mayor participación en el proyecto.

Los usuarios académicos del proyecto como alumnos, profesores e investigadores se han acercado con mayor interés dado que el laboratorio aumentó su infraestructura y ha promovido la apertura de una línea de investigación en la degradación de contaminantes.

7. PROBLEMÁTICAS Y DIFICULTADES ENCONTRADAS DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO.

El proyecto presentó dificultades con el tiempo de entrega de los reactivos como fosfamidon y pentaclorofenol (adjunto evidencia del proveedor). En este sentido, se hizo la petición el 05 de agosto del 2021 para el cambio de los reactivos como fenoles y clorofenoles.

Las caracterizaciones de los catalizadores que se pretendían hacer en el CNMN del IPN se detuvieron hasta que finales de noviembre y reanudó en enero. No obstante, se logró someter dos artículos relacionados con el proyecto.

El espectrómetro de UV-Vis mostró baja resolución de los compuestos a degradar. En este contexto, se pidió la modificación del ajuste presupuestal para la compra de uno de la marca Shimadzu.

Cartas de proveedor en relación a la importación de fosfamidon y pentaclorofenol.



Consumibles, Equipo de Laboratorio y Servicios, S.A. de C.V.

Lagos de Moreno No 88 Colonia La Laguna, Tlalnepantla Estado de México CP 54190
TEL. (55) 57141389, Nextel 55 46 18 69 97, email: oasis.cesa@outlook.com

Estado de México a 28 de febrero de 2022

A quien corresponda.

Por medio de la presente reciba un cordial saludo, a nombre de mi representada Consumibles, Equipo de Laboratorio y Servicios, S.A. de C.V. le informo que el producto:

Phosphamidon
certified reference material, TraceCERT®
Synonym(s):
2-Chloro-N,N-diethyl-3-(dimethylphosphono)crotonic amide
Empirical Formula (Hill Notation):
C10H19ClNO5P

Ha tenido un retraso considerable debido a problemas relacionadas con la materia prima para la elaboración del producto y por el momento seguimos sin tener fecha tentativa de entrega.

Existen diferentes alternativas como cancelar el pedido o bien esperar a que la producción reanude entendiendo que el tiempo de entrega no es posible estimarlo en este momento, lo que a usted le sea más conveniente.

Sin mas por el momento le agradezco su amable atención.

ATENTAMENTE

OASIS ALFREDO RAMIREZ RUIZ

APODERADO LEGAL



Consumibles, Equipo de Laboratorio y Servicios, S.A. de C.V.

Lagos de Moreno No 88 Colonia La Laguna, Tlalnepantla Estado de México CP 54190
TEL. (55) 57141389, Nextel 55 46 18 69 97, email: oasis.cessa@outlook.com

Estado de México a 28 de febrero de 2022

A quien corresponda.

Por medio de la presente reciba un cordial saludo, a nombre de mi representada Consumibles, Equipo de Laboratorio y Servicios, S.A. de C.V. le informo que el producto:

PENTACLOROFENOL

Ha tenido un retraso considerable debido a problemas relacionadas con la materia prima para la elaboración del producto y por el momento seguimos sin tener fecha tentativa de entrega.

Existen diferentes alternativas como cancelar el pedido o bien esperar a que la producción se reanude entendiéndose que el tiempo de entrega no es posible estimarlo en este momento, lo que a usted le sea más conveniente.

Sin mas por el momento le agradezco su amable atención.

ATENTAMENTE

OASIS ALFREDO RAMIREZ RUIZ

APODERADO LEGAL

8. VINCULACIÓN Y ARTICULACIÓN AL IMPLEMENTAR EL MODELO PENTAHÉLICE

Academia-Sociedad-Medio ambiente: Se intentó participar con los pobladores de San Miguel de Topilejo (Tlalpan, CMDX) para obtener aguas de sus ríos cercanos a las zonas agrícolas. En este sentido, los pobladores estuvieron de acuerdo con la recolección para medir en las reacciones en continuo del sistema foto catalítico. Sin embargo, ellos necesitan recursos para poder movilizarse constantemente y poder obtener aguas contaminadas. En este contexto, solicitaron que se les contrate como parte del proyecto.

9. FINANCIAMIENTO SOLICITADO Y EJERCIDO.

Tabla de ajuste presupuestal

Gasto	Partida	solicitado (pesos mexicanos)	ejercido (pesos mexicanos)
Corriente	375 artículos publicaciones y mat	44 971.00	44 971.00
Corriente	350 gasto auditoria informe financiero	25 000.00	25 000.00
Corriente	365 reactivos e insumos	566 330.52	566 330.52
	Total gasto corriente	636 301.52	636 301.52
Inversión	498 equipo cómputo y de telecomunicaciones	50 000.00	50 000.00
Inversión	410 equipo y accesorios de laboratorio	1 063 698.48	1 063 698.48
	Total gasto de inversión	1 113 698.48	1 113 698.48
	Total gasto corriente + inversión	1 750 000.00	1 750 000.00

Gasto corriente

El gasto corriente se ejerció en lo siguiente:

Pago de una publicación en la revista catalyst de la editorial MDPI.

Gasto en auditoria externa para el proyecto.

Reactivos e insumos que permitiera lograr los objetivos y las metas del proyecto.

Gasto de inversión

El gasto de inversión se ejerció en lo siguiente

Compra de una laptop para poder analizar los datos de las reacciones

Compra de equipo de carbono orgánico total y un espectrómetro de uv vis para lograr medir la degradación fotocatalítica. Asimismo, se compró una balanza analítica y una campana de extracción para trabajar sin respirar los gases de los contaminantes tóxicos.

10. REFERENCIAS.

1. Rabindranathan, S., S. Devipriya, and S. Yesodharan, Photocatalytic degradation of phosphamidon on semiconductor oxides. *J Hazard Mater*, 2003. 102(2-3): p. 217-29.
2. Rydh Stenström, J., J. Kreuger, and W. Goedkoop, Pesticide mixture toxicity to algae in agricultural streams – Field observations and laboratory studies with in situ samples and reconstituted water. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2021. 215: p. 112153.
3. Kodali, J., et al., Activated Coconut Charcoal as a Super Adsorbent for the Removal of Organophosphorous Pesticide Monocrotophos from Water. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2021: p. 100099.
4. Hjort-Colunga, E., et al., Persistent organochlorine and organophosphorus pesticides in water and sediments from the Cuitzmala River, Jalisco, Mexico. *Toxicology Letters*, 2016. 259: p. S226.
5. Castro-Pastrana, L.I., et al., Ecofarmacovigilancia en México: perspectivas para su implementación. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 2015. 46(3): p. 16-40.
6. Méndez-Albores, A., et al., Biocatalytic spectrophotometric method to detect paracetamol in water samples. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 2015. 50(10): p. 1046-1056.
7. Korake, P.V., et al., Photocatalytic degradation of phosphamidon using Ag-doped ZnO nanorods. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 2012. 94(6): p. 1075-1085.
8. Cao, M., et al., Ascorbic acid induced activation of persulfate for pentachlorophenol degradation. *Chemosphere*, 2019. 229: p. 200-205.
9. Rajput, H., V.K. Sangal, and A. Dhir, Synthesis of highly stable and efficient Ag loaded GO/TiO₂ nanotube electrodes for the photoelectrocatalytic degradation of pentachlorophenol. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 2018. 814: p. 118-126.
10. Peña-Álvarez, A. and A. Castillo-Alanís, Identificación y cuantificación de contaminantes emergentes en aguas residuales por microextracción en fase sólida-cromatografía de gases-espectrometría de masas (MEFS-CG-EM). *TIP*, 2015. 18(1): p. 29-42.
11. Ali, H. and E. Khan, Environmental chemistry in the twenty-first century. *Environmental Chemistry Letters*, 2017. 15(2): p. 329-346.
12. Rai, A.C., et al., End-user perspective of low-cost sensors for outdoor air pollution

monitoring. *Science of The Total Environment*, 2017. 607-608: p. 691-705.

13. Daneshvar, N., D. Salari, and A.R. Khataee, Photocatalytic degradation of azo dye acid red 14 in water: investigation of the effect of operational parameters. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 2003. 157(1): p. 111-116.

14. Daneshvar, N., D. Salari, and A.R. Khataee, Photocatalytic degradation of azo dye acid red 14 in water on ZnO as an alternative catalyst to TiO₂. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 2004. 162(2): p. 317-322.

15. Meetani, M.A., et al., Mechanistic studies of photoinduced degradation of Orange G using LC/MS. *RSC Advances*, 2011. 1(3): p. 490-497.

16. Jia, M., J. Koziel, and J. Pawliszyn, Fast field sampling/sample preparation and quantification of volatile organic compounds in indoor air by solid-phase microextraction and portable gas chromatography. *Field Analytical Chemistry & Technology*, 2000. 4(2-3): p. 73-84.

17. Chowdhury, P., et al., Visible-Solar-Light-Driven Photocatalytic Degradation of Phenol with Dye-Sensitized TiO₂: Parametric and Kinetic Study. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2012. 51(12): p. 4523-4532.

18. Li, Y., et al., Synthesis and characterization of Cu₂O/TiO₂ photocatalysts for H₂ evolution from aqueous solution with different scavengers. *Applied Surface Science*, 2015. 324: p. 736-744.

19. Kaur, R. and B. Pal, Plasmonic coinage metal-TiO₂ hybrid nanocatalysts for highly efficient photocatalytic oxidation under sunlight irradiation. *New Journal of Chemistry*, 2015. 39(8): p. 5966-5976.

20. Niu, Y., et al., Visible light activated sulfur and iron co-doped TiO₂ photocatalyst for the photocatalytic degradation of phenol. *Catalysis Today*, 2013. 201: p. 159-166.

21. Zhou, P., J. Yu, and Y. Wang, The new understanding on photocatalytic mechanism of visible-light response NS codoped anatase TiO₂ by first-principles. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2013. 142-143: p. 45-53.

22. Pouretedal, H.R. and S. Sabzevari, Photodegradation study of congo red, methyl orange, methyl red and methylene blue under simulated solar irradiation catalyzed by ZnS/CdS nanocomposite. *Desalination and Water Treatment*, 2011. 28(1-3): p. 247-254.

23. Alamo-Nole, L., et al., Photocatalytic activity of quantum dot-magnetite nanocomposites to degrade organic dyes in the aqueous phase. *Journal of Materials*

Chemistry A, 2013. 1(18): p. 5509-5516.

24. Kebede, W.L., et al., A novel Sb-doped Mo(O,S)₃ oxy-sulfide photocatalyst for degradation of methylene blue dye under visible light irradiation. Journal of Alloys and Compounds, 2019. 797:

p. 986-994.

25. Zhang, W., et al., Enhanced photocatalytic mechanism of Ag₃PO₄ nano-sheets using MS₂ (M = Mo, W)/rGO hybrids as co-catalysts for 4-nitrophenol degradation in water. Applied Catalysis B: Environmental, 2018. 232: p. 11-18.