Sociedad Mexicana de Electroquímica

XLI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Electroquímica
19th Meeting of the Mexican Section of the Electrochemical Society
5 al 9 de octubre de 2026
Xalapa, Veracruz

Universidad Veracruzana

Libro de Resúmenes

XLI CONGRESO NACIONAL

DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE ELECTROQUÍMICA

y 19th Meeting of the Mexican Section of the Electrochemical Society (ECS)

La electroquímica en el cambio generacional

5 AL 9 DE OCTUBRE DE 2026

XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO

EDITORES

Dr. Demetrio Nieves Mendoza | Dra. Laura Landa Ruiz | Dr. Erick Maldonado Bandala
Dra. Citlalli Gaona Tiburcio | Dr. Ricardo Galván Martínez | Dr. José Ángel Cabral Miramontes
Dr. Guillermo Fox Rivera | Dra. Yamín Rivera Peña | Dr. José Luis Dorantes Ortiz
Mtra. Flora Angélica Solano Cerdán | Dr. Aldo Emilio Landa Gómez | Dr. Facundo Almeraya Calderón
Dr. Miguel Ángel Baltazar Zamora

LIBRO DE RESÚMENES

“LA ELECTROQUÍMICA EN EL CAMBIO GENERACIONAL”

Del 5 al 9 de octubre, Xalapa, Veracruz.

Universidad Veracruzana

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL U. V. XALAPA

Sociedad Mexicana de Electroquímica

Editores

Dr. Demetrio Nieves Mendoza

Dra. Laura Landa Ruíz

Dr. Erick Edgar Maldonado Bandala

Dra. Citlalli Gaona Tiburcio

Dr. Ricardo Galván Martínez

Dr. José Ángel Cabral Miramontes

Dr. Guillermo Fox Rivera

Dra. Yamín Rivera Peña

Dr. José Luis Dorantes Ortiz

Mtra. Flora Angélica Solano Cerdán

Dr. Miguel Ángel Baltazar Zamora

Dr. Facundo Almeraya Calderón

Universidad Veracruzana

FACULTAD DE INGENIERÍA C. U. V. XALAPA

Este libro incluye artículos clasificados en las siguientes áreas de las ciencias electroquímicas: Electroquímica Analítica (EA), Ingeniería Electroquímica y Aplicaciones Tecnológicas (IE), Electroquímica Molecular y Bioelectroquímica (EMB), Electroquímica Ambiental (EAM), Corrosión y Tratamientos de Superficies (CTS), Conversión y Almacenamiento de Energía (CAE) y Educación Electroquímica (EE).

Los autores participantes son responsables directos del contenido de sus artículos y asumen plena responsabilidad por la información, opiniones y resultados presentados en ellos. En consecuencia, los editores y la Sociedad Mexicana de Electroquímica quedan exentos de cualquier responsabilidad derivada del contenido de los trabajos publicados en este libro.

Derechos reservados
Octubre, 2026
D.R. ©Publicaciones SMEQ
Barranca del Muerto 26, Col. Crédito Constructor
Alcaldía Benito Juárez, 03940, Ciudad de México, México
Libro de Resúmenes.pdf
Xalapa, Veracruz. 2026

Comité organizador

Presidentes:

Dr. Demetrio Nieves Mendoza

Dra. Laura Landa Ruíz

Vicepresidente:

Dr. Erick Edgar Maldonado Bandala

Comité Local:

Dr. Miguel Angel Baltazar Zamora

Dr. Juan Gabriel Nolasco Trujillo

Dr. Héctor E. Hernández Martínez

Dr. Guillermo Fox Rivera

Mtra. Flora Angélica Solano Cerdán

Dr. José Luis Dorantes Ortiz

Mtro. José Alberto Reyes Jiménez

Mtro. David Lozano Laez

Mtro. Gabriel Santos Fierro

Dra. Yamín Rivera Peña

Dr. Facundo Almeraya Calderón

Comité Asesor

Dr. Facundo Almeraya Calderón

Dra. Citlalli Gaona Tiburcio

Dr. Ricardo Galván Martínez

Dr. Francisco Estupiñán López

Dr. José Ángel Cabral Miramontes

Revisión de Estilo:

Dr. Facundo Almeraya Calderón

Diseño Gráfico:

Dra. Citlalli Gaona Tiburcio

Consejo Consultivo de la SMEQ 2025-2029

Presidente

Dra. Citlalli Gaona Tiburcio

Comité Ejecutivo de la SMEQ 2025-2027

Presidente

Dr. Ricardo Galván Martínez

VicePresidente

Dr. Francisco Estupiñán López

Secretario

Dra. Gabriela Roa Morales

Tesorero

Dr. Jesús Manuel Jaques Muñoz

Vocales

Dr. Facundo Almeraya Calderón

Dra. Maria Aurora Veloz

Dr. Andres Carmona

PREFACIO

La **Sociedad Mexicana de Electroquímica (SMEQ)** y la **Universidad Veracruzana**, a través de la Facultad de Ingeniería, tienen el honor de ser anfitrionas del **XLI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Electroquímica y 19th Meeting of the Mexican Section of The Electrochemical Society (ECS)**, que se celebrará en **Xalapa, Veracruz, México, del 5 al 9 de octubre de 2026**.

Es un privilegio presentar este **Libro de Resúmenes**, que reúne las contribuciones científicas de investigadores, académicos, profesionales y estudiantes participantes en este encuentro. Los trabajos que lo integran reflejan la diversidad, actualidad y relevancia de la investigación electroquímica, así como el compromiso de nuestra comunidad con la generación de conocimiento, la innovación, la formación de nuevas generaciones y el desarrollo de soluciones a los desafíos científicos, tecnológicos y ambientales de nuestro tiempo.

Las contribuciones abarcan las distintas áreas de las ciencias electroquímicas, entre ellas la electroquímica analítica, la ingeniería electroquímica y sus aplicaciones tecnológicas, la electroquímica molecular y bioelectroquímica, la electroquímica ambiental, la corrosión y los tratamientos de superficies, la conversión y almacenamiento de energía y la educación electroquímica. En conjunto, estos trabajos muestran el carácter multidisciplinario de la electroquímica y su creciente importancia en campos estratégicos para el desarrollo científico y tecnológico.

Esta edición del Congreso tiene como lema **"La electroquímica en el cambio generacional"**, expresión que reconoce tanto la trayectoria de quienes han contribuido durante décadas al desarrollo de esta disciplina como la incorporación de nuevas generaciones de investigadores y estudiantes. Este encuentro representa, por ello, un espacio para compartir conocimiento y experiencias, fortalecer colaboraciones y, particularmente, impulsar la formación de quienes darán continuidad y nuevos horizontes a la electroquímica en México. Los avances presentados en este libro no solo contribuyen al conocimiento fundamental, sino que también muestran el potencial de la electroquímica para generar alternativas frente a retos contemporáneos relacionados con la energía, el medio ambiente, la corrosión, la protección de materiales, el desarrollo de nuevos materiales y la sustentabilidad.

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a los **autores, conferencistas, revisores, estudiantes, colaboradores, patrocinadores e instituciones participantes**, cuyo compromiso y dedicación hicieron posible la realización de este Congreso. De manera especial, reconocemos el esfuerzo de quienes contribuyeron con sus trabajos científicos a la integración de este Libro de Resúmenes.

Esperamos que esta obra constituya no solamente la memoria académica del **XLI Congreso Nacional de la SMEQ**, sino también un testimonio del dinamismo de nuestra comunidad y de su compromiso con el presente y el futuro de la electroquímica.

Editores
Comité Organizador Congreso nacional SMEQ 2026
Xalapa, Veracruz, México, 2026

XLI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Electroquímica (SMEQ) 2026 y 19th Meeting of the Mexican Section of the Electrochemical Society (ECS)

Horario	Domingo 04 de octubre	Lunes 05 de octubre	Martes 06 de octubre	Miércoles 07 de octubre	Jueves 08 de octubre	Viernes 09 de octubre	Horario
7:00 – 7:20							7:00 – 7:20
7:20 – 7:40							7:20 – 7:40
7:40 – 8:00							7:40 – 8:00
8:00 – 9:00		Inscripciones	Inscripciones	Inscripciones	Inscripciones	Inscripciones	8:00 – 9:00
9:00 – 9:20		Inauguración XLI Congreso de la SMEQ 2026	Plenaria Dr. David Bonfill	Conferencia invitada Dra. Mónica Galicia	Plenaria Dra. Tania Mendoza	CTS-038 EAM-062 CAE-027	9:00 – 9:20
9:20 – 9:40						CTS-034 EAM-063 CAE-030	9:20 – 9:40
9:40 – 10:00	Curso Corrosión en Estructuras de Concreto Instructor: Dr. Tezozomoc Pérez 13:00 - 17:00 h Audiovisual FIC Facultad de Ingeniería Civil - UV		Conferencia invitada Dra. Citlalli Gaona	Conferencia magistral Dr. Pedro Castro	Conferencia magistral Dr. Eric Shindelholz	CTS-045 CAE-036	9:40 – 10:00
10:00 – 10:20		Conferencia magistral Prof. PhD. Héctor D. Abruña				CAE-038	10:00 – 10:20
10:20 – 10:40						Receso - café	10:20 – 10:40
10:40 – 11:00			Conferencia magistral Prof. Dr. Ignacio González	Conferencia técnica GCC	Sesión de Carteles USBI		10:40 – 11:00
11:00 – 11:20		Conferencia técnica Anyover		Receso - café		Conferencia técnica COMEX	11:00 – 11:20
11:20 – 11:40		Receso - café		EA - O31 EM-O30 EE-O7		Conferencia magistral Dr. Ignacio Sirés Sadornil	11:20 – 11:40
11:40 – 12:00			Receso - café	EA - O33 EM-O31 EE-O8			11:40 – 12:00
12:00 – 12:20	Curso MagicPlot con enfoque a Eletroquímica Instructor: Dr. Marcelo Videa 13:00 - 17:00 h Auditorio FIME Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica - UV / Taller Introductorio de Electroquímica a Microescala Instructor: Dr. Jorge G. Ibáñez Cornejo 13:00 - 17:00 h Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil - UV	CTS-O4 CAE-O2 EAM-O1	CTS-O18 EM-O1 EAM-O25	EMB-O16 EM-O32 EE-O9		Conferencia invitada Dr. Álvaro Tesio	12:00 – 12:20
12:20 – 12:40		CTS-O12 CAE-O3 EAM-O2	CTS-O48 EM-O3 EAM-O27				12:20 – 12:40
12:40 – 13:00		CTS-O14 CAE-O6 EAM-O4	CTS-O54 EM-O4 EAM-O30			Clausura XLI Congreso de la SMEQ	12:40 – 13:00
13:00 – 13:20		CTS-O16 CAE-O11 EAM-O10	CTS-O55 EM-O7 EAM-O31		Fotografía del XLI Congreso de la SMEQ		13:00 – 13:20
13:20 – 13:40		CTS-O20 CAE-O14 EAM-O11					13:20 – 13:40
13:40 – 14:00		Comida	Comida		Comida		13:40 – 14:00
14:00 – 14:20							14:00 – 14:20
14:20 – 14:40							14:20 – 14:40
14:40 – 15:00					CTS-O66 EAM-O47 EM-O33		14:40 – 15:00
15:00 – 15:20	Receso - Café	CTS-O5 CAE-O15 EAM-O15	EA-O10 EM-O11 EAM-O33		CTS-O8 EAM-O56 EM-O34		15:00 – 15:20
15:20 – 15:40		CTS-O17 CAE-O17 EAM-O17	EA-O13 EM-O13 EAM-O34		CTS-O60 EAM-O58 EM-O35		15:20 – 15:40
15:40 – 16:00		CTS-O21 CAE-O20 EAM-O22	EA-O15 EM-O14 EAM-O35		CTS-O57 EAM-O60 EM-O36		15:40 – 16:00
16:00 – 16:20	Mesa de registro XLI Congreso SMEQ HOTEL Holiday Inn Express Xalapa Comité Organizador UV- FIC Xalapa	CTS-O29 CAE-O23 EAM-O23	EA-O17 EM-O26 EAM-O36		CTS-O52 EAM-O61 EM-O37		16:00 – 16:20
16:20 – 16:40		CTS-O37 CAE-O25 EAM-O24	EA-O18 EM-O28 EAM-O38		CTS-O64 EAM-O64 EM-O38		16:20 – 16:40
16:40 – 17:00		Receso - café	Receso - café	Tarde libre en Xalapa	Receso - café		16:40 – 17:00
17:00 – 17:20		CTS-O35 EA-O1 EMB-O1	EA-O2 EM-O29 EMB - O13		Asamblea Ordinaria SMEQ Informe del Comité Ejecutivo Premio Nacional de Electroquímica 17:00 - 19:00 h		17:00 – 17:20
17:20 – 17:40		CTS-O65 EA-O4 EMB-O2	EA-O11 IE-O5 EMB - O14				17:20 – 17:40
17:40 – 18:00		CTS-O58 EA-O6 EMB-O9	EA-O20 IE-O7 EE-O1				17:40 – 18:00
18:00 – 18:20		CTS-O61 EA-O9 EMB-O10	EA-O30 IE-O9 EE-O2				18:00 – 18:20
18:20 – 18:40			EA-O22 IE-O10 EE-O4				18:20 – 18:40
18:40 – 19:00			EA-O29 IE-O11 EE-O5			Buen viaje	18:40 – 19:00
19:00 – 19:20			EA-O32 IE-O12 EE-O6				19:00 – 19:20
19:20 – 19:40		Cóctel de bienvenida HOTEL Holiday Inn Express Xalapa 19:30 - 23:00 h			Cena - baile 21:00 - 02:00 h HOTEL Holiday Inn Express Xalapa Premiación del concurso de tesis y carteles		19:20 – 19:40
19:40 – 20:00			XVI Reunión Consejo Consultivo HOTEL Holiday Inn Express Xalapa (Solo integrantes del CC) 17:00 - 19:30 h				19:40 – 20:00
20:00 – 20:20							20:00 – 20:20
20:20 – 20:40							20:20 – 20:40
20:40 – 21:00							20:40 – 21:00
21:00 – 21:20							21:00 – 21:20

Inscripción	Sala USBI	Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 1	Sala 2	Sala 3
Actividades																
Talleres																
Receso Café / Comida																
Conferencia Magistral	Nota: La Inauguración será el lunes 5 de octubre a las 9:00 h, en el auditorio de la Facultad de Arquitectura de la UV															
Conferencia Técnica																
Conferencia Invitada	Conversión y Almacenamiento de Energía CAE		Corrosión y Tratamiento de Superficies CTS		Educación Electroquímica EE			Electroquímica Analítica EA			Electroquímica Ambiental EAM		Electroquímica de Materiales EM	Electroquímica Molecular y Bioelectroquímica EMB		Ingeniería Electroquímica IE
Conferencia Plenaria																
Sesión de carteles																

Contenido

División 1	**Electroquímica Analítica (EA)** **Trabajos Orales**	1
EA-O1	Detección electroquímica de H_2O_2 como indicador de estrés oxidativo inducido por nanozimas de MoS_2 en sistemas bacterianos.	2
EA-O2	Desarrollo y caracterización de un biosensor electroquímico de ADN para la detección de biomarcadores asociados al meduloblastoma.	3
EA-O4	Comportamiento del fármaco olanzapina a través de la interfase entre dos soluciones electrolíticas inmiscibles.	4
EA-O6	Uso de la señal oxidativa de la tiocolina para optimizar un biosensor electroquímico de carbono vítreo modificado con Acetilcolinesterasa.	5
EA-O9	Uso de EVLS para la Visualización del Estado Estacionario en Microelectrodos a Altas Velocidades de Barrido.	6
EA-O10	Estudio Electroquímico de Reacciones Redox con Especies Adsorbidas Mediante de Simulación de sus Componentes de Reacción.	7
EA-O11	Estudio Teórico de Voltamperometría de Eliminación para Reacciones Redox con Especies Adsorbidas.	8
EA-O13	Propuesta de Modelo de Descarga de Celdas Aplicado a una Celda de Daniell.	9
EA-O15	Desarrollo y validación electroquímica de una plataforma microfluídica impresa en 3D para estudios de transporte de masa.	10
EA-O17	Ordenamiento diamagnético de los granos de electrodos de grafito para aplicaciones electroanalíticas.	11
EA-O18	Estudio electroquímico interfacial, estructural y por cálculos TDDFT (ORCA) sobre la adsorción de PEG sobre Pt policristalino.	12
EA-O20	Nanotubos de TiO_2 dopados con Ag como plataforma para la detección electroquímica de ácido ascórbico.	13
EA-O22	Desarrollo de un Biosensor Modificado con Glucosa Oxidasa para el Monitoreo Dual de H_2O_2 Catódico y Anódico.	14
EA-O30	Electrodos de pasta de carbono modificados con hidróxidos dobles laminares MgAl y NiAl y su uso para la determinación de ácido úrico.	15
EA-O31	Uso de MIPs y RNA en el desarrollo de una metodología electroanalítica para la cuantificación simultánea de AINEs.	16
EA-O32	Grafeno inducido por láser derivado de películas de ácido poli láctico - lignina para la detección electroquímica de Bisfenol A.	17
EA-O33	Estudios en electrodos fabricados a partir de un estirador laser de pipetas hacia la escala nanométrica.	18

División 1 **Electroquímica Analítica (EA)** 19
Trabajos Carteles

EA-C3 Evaluación de parámetros electroquímicos para la desorción del gas H_2S de N-metildietanolamina utilizada en el tratamiento de gas natural. 20

EA-C7 Determinación simultánea de acetaminofén y diclofenaco mediante un EPC modificado con Au–Q en DES. 21

EA-C8 Electrodos modificados con hidróxidos dobles laminares (LDHs) base Cu^{2+} para la detección electroquímica de creatinina. 22

EA-C12 Cuantificación de cobre vía electrocromismo inalámbrico. 23

EA-C14 Mini-electrodos de pasta de carbono desechables para la determinación de paroxetina y el monitoreo de su extracción con HDES. 24

EA-C16 Estudio termométrico de la disolución de hierro en medio ácido mediante técnicas electroquímicas de corriente continua y alterna 25

EA-C19 Molecularly imprinted polymers based on polypyrrole for the determination of glyphosate in real samples. 26

EA-C21 Análisis difusional de la inserción electroquímica de K+ en electrodos modificados con hexacianoferratos de níquel, indio y cobre a través de espectroscopía de impedancia electroquímica. 27

EA-C24 Desarrollo de sistemas bimetálicos AuRu para la detección electroquímica de glucosa. 28

EA-C25 Comportamiento electroquímico de la claritromicina a través de la interfase líquido-líquido. 29

EA-C26 Comportamiento electroquímico del paracetamol con nanoestructuras Se@CdSe. 30

EA-C27 Desarrollo de una metodología electroanalítica para la detección de sertralina utilizando electrodos de pasta de carbono. 31

EA-C28 Mecanismo de emisión luminosa durante la electrodisolución de tungsteno a bajo voltaje en electrolitos acuosos. 32

EA-C29 Cuantificación electroquímica de la glucosa utilizando electrodos de pasta de carbono modificados. 33

División 2 **Ingeniería Electroquímica y Aplicaciones Tecnológicas (IE)** 34
Trabajos Orales

IE-O5 Ventana de operación teórica para la electroestimulación de *Aspergillus niger.* 35

IE-O7 Oxidación indirecta de un surfactante aniónico presente en el agua de un yacimiento petrolífero mediante un reactor tubular fotoelectroquímico: estudio experimental y modelado matemático. 36

IE-O9 Celda Electroquímica Dinámica Fabricada por Impresión 3D: Aplicación Ingenieril en el Estudio de la Corrosión y Transporte de Masa 37

IE-O10	Análisis DRT de espectros EIS para el diagnóstico de electrolizadores productores de H_2O_2.	38
IE-O11	Estudio de microelectrólisis preliminar con WE base carbono para el tratamiento sustentable de residuos.	39
IE-O12	Desarrollo y caracterización de un sensor electroquímico multiplexado miniaturizado basado en grafeno inducido por láser (LIG) con compósitos LIG/AuNPs y LIG/PANI para la detección secuencial no enzimática de ácido úrico y pH.	40
División 2	**Ingeniería Electroquímica y Aplicaciones Tecnológicas (IE)**	41
	Trabajos Carteles	
IE-C1	Tratamiento de aguas residuales cafetaleras por métodos electroquímicos empleando un reactor-sedimentador en modo continuo.	42
IE-C2	Métodos electroquímicos asistidos por aireación en continuo para aguas residuales de café.	43
IE-C3	Evaluación de un sistema móvil de electrodos en un tanque electroquímico sedimentador.	44
IE-C4	Degradación de azul de metileno mediante reactores electroquímicos cilíndricos de tipo pistón en serie.	45
IE-C6	Estudio experimental y simulación del blanqueamiento electrolítico del caolín: efecto del tiempo y distribución de densidad de corriente.	46
División 3	**Electroquímica Molecular y Bioelectroquímica (EMB)**	47
	Trabajos Orales	
EMB-O1	Evaluación electroquímica de la capacidad antioxidante y actividad antibacteriana del extracto de *Acanthocereus tetragonus.*	48
EMB-O2	Efectos de la posición del grupo nitro en las propiedades electroquímicas e interfaciales de películas de nitrofenilacetato obtenidas por *electrografting.*	49
EMB-O9	Adaptaciones morfofisiológicas en *Arabidopsis thaliana* bajo estimulación eléctrica y biológica.	50
EMB-O10	Activación electroquímica para la ruptura selectiva del enlace O-N: desaminación reductiva de alcoxiaminas.	51
EMB-O13	La huella interfacial de piocianina: Simulación y ajuste de voltamperometría cíclica mediante un modelo difusión–adsorción tipo Frumkin.	52
EMB-O14	RGO/ABTS como medidor redox para el desarrollo de la detección de anticuerpos contra el virus Zika.	53
EMB-O16	Diseño de biorreactores electroquímicos mediante análisis cinético-fenomenológicos multiescala.	54

División 3 **Electroquímica Molecular y Bioelectroquímica (EMB)** 55
Trabajos Carteles

EMB-C3 Evaluación electroquímica de células mesenquimales en pulpa dental y tejido gingival en condiciones osteogénicas. 56
EMB-C4 Estudio electroquímico de la interacción entre compuestos de coordinación polimínicos de Cu con albúmina humana y bovina. 57
EMB-C5 Análisis comparativo de catálisis de O2 vía molecular mediante compuestos quinónicos y fotoelectrocatálisis mediante electrodos modificados con perovskitas base $LaMnO_3$. 58
EMB-C6 Efecto de protonación en la catálisis molecular de CO_2 empleando $[Fe(2\text{-}2\ bpy)_3](NO_3)_2$ como mediador. 59
EMB-C7 Estudio electroquímico y espectroelectroquímico de la catálisis molecular de CO_2 generada por compuestos de coordinación polipiridínicos de Zn. 60
EMB-C8 Catálisis molecular de CO_2 generada por compuestos de coordinación bipiridinicos de Co(II). 61
EMB-C11 Puntos cuánticos de carbono para el análisis preliminar de la detección de urea. 62
EMB-C12 Evaluación bioelectroquímica del desarrollo de *Solanum lycopersicum L.* mediante electrodos de $IrO_2Ta_2O_5$|Ti y bacterias promotoras del crecimiento. 63
EMB-C15 Reactividad de radicales aniónicos quinónicos generados electroquímicamente con oxígeno molecular en acetonitrilo. 64

División 4 **Electroquímica de Materiales (EM)** 65
Trabajos Orales

EM-O1 Modificación fotoinducida de las propiedades electrónicas interfaciales en heterouniones TiO_2–Fe_2O_3. 66
EM-O3 Desarrollo de electrodos MMO tipo $Ru_{0.2}Ti_{0.8}O_2$ con adición de Ce y B para su uso en cloración salina. 67
EM-O4 Crecimiento electroquímico de ZnO sobre zinc metálico. 68
EM-O7 Formación selectiva de especies Ti^{3+} y TiO_2 mediante disolución electroquímica de titanio en medio ácido. 69
EM-O11 Electrodeposición localizada de cobalto sobre un electrodo de carbón vítreo. 70
EM-O13 Efecto de ftalocianinas de cobalto en las propiedades electroquímicas del Bi_2WO_6. 71
EM-O14 Redes de Grafeno 3D Corrugadas con Intercalación Molecular de β-CD: Aceleración de la Cinética de Transferencia de Carga Interfacial. 72
EM-O26 Modificación y caracterización de electrodos de pasta de carbono y grafito de lápiz con unas cuantas capas de grafeno por exfoliación asistida por β-ciclodextrinas. 73
EM-O28 Efecto del diseño geométrico del sustrato en la respuesta electroquímica de fotocatalizadores inmovilizados de Cu_xO. 74

EM-O29	Caracterización y preparación de fotoelectrodos basados en Mg-ZnO (MZO) para su uso en celdas fotoelectroquímicas.	75
EM-O30	Análisis electroquímico de la electrodeposición de hierro sobre un sustrato de carbón vítreo.	76
EM-O31	Desarrollo de electrodos modificados con nanotubos de carbono funcionalizados con magnetita y su aplicación en biomedicina.	77
EM-O32	Actividad electrocatalítica de nanoestructuras de cobre hacia la electrooxidación de metanol.	78
EM-O33	Actividad catalítica de electrodepósitos de níquel en la reacción de electrooxidación de metanol.	79
EM-O34	Caracterización electroquímica de extractos de Psilocybe cubensis obtenidos en diferentes medios de extracción.	80
EM-O35	Efecto y comparación de las condiciones de conformado y sinterización de polvos de Fe–Ni y acero inoxidable 316-L en estructuras porosas para aplicaciones en producción de hidrógeno.	81
EM-O36	Ethaline (DES) como agente de lixiviación y baño electroquímico eficiente para la recuperación de plata a partir de un concentrado sulfurado de argentita.	82
EM-O37	Electrosíntesis de nanoflores híbridas de $Cu_2(PO_4)_2$@ureasa para el biosensado de urea.	83
EM-O38	Electrooxidación de glicerol sobre nanoestructuras de Au-Pd: efecto de la arquitectura y el origen sustentable.	84

División 4 **Electroquímica de Materiales (EM)** 85

Trabajos Carteles

EM-C2	Síntesis y evaluación electroquímica del In_2O_3 para la reacción de reducción de CO_2 ($RRCO_2$).	86
EM-C5	Estudio electroquímico de arcillas tipo Hectorita para la recuperación de especies asociadas al Litio.	87
EM-C6	Síntesis de nanopartículas Se@CdSe y su aplicación en la detección de moléculas orgánicas.	88
EM-C8	Si/CYU/GDY por APPJ/Electroless/acoplamiento Electro Glaser-Hay para HER/OER fotoelectroquímicas.	89
EM-C9	Preparación de nanohíbridos 2D/2D 1T -WS_2/g-C_3N_4 con nanopartículas de Níquel como electrocatalizadores para celdas de combustible tipo PEM.	90
EM-C10	Evaluación de puntos de carbono N, S-codopados como inhibidores de corrosión para acero al carbono en solución de ácido sulfúrico.	91
EM-C12	Efecto del anión precursor sobre el mecanismo de nucleación y crecimiento electroquímico de cobre.	92
EM-C15	Estudio electroquímico para la electrodeposición de boro a partir de un disolvente eutéctico profundo.	93
EM-C16	Decoración con nanopartículas de plata (AgNPs) obtenidas síntesis verde en materiales a base de carbono.	94

EM-C17	Determinación electroquímica de Fe, Cu y Mn mediante un electrodo de pasta de carbono modificado para el monitoreo analítico de un baño electrolítico.	95
EM-C18	DFT como herramienta para interpretar la reversibilidad electroquímica y los mecanismos redox: la dopamina como sistema modelo.	96
EM-C19	Influencia de la temperatura sobre la reactividad de nanopartículas de magnetita funcionalizadas: estudio teórico-experimental.	97
EM-C20	Propiedades redox y generación de ROS en nanopartículas de magnetita funcionalizadas con polifenoles: Un estudio teórico-experimental.	98
EM-C21	Evaluación electroquímica y fotocatalítica de recubrimientos SiNPs–Cu_xO_y–g-C_3N_4 para la degradación de ibuprofeno y diclofenaco.	99
EM-C22	Estudio de las propiedades estructurales, morfológicas y superficiales de ortoferritas tipo $RFeO_3$ (R = La, Nd, Er) y su evaluación electroquímica.	100
EM-C23	Estudio teórico-experimental de la funcionalización de nanopartículas de magnetita con un sistema polifuncional y su actividad tipo Fenton.	101
EM-C24	Análisis Electroquímico de películas delgadas de ZnSe dopadas con indio	102
EM-C25	Estudio teórico-experimental de nanopartículas de magnetita funcionalizadas con polifenoles: Efecto del número y posición de grupos hidroxilo.	103
EM-C27	Estudio de los mecanismos de nucleación y crecimiento de zinc en disolventes eutécticos profundos basado en colina.	104
EM-C39	Evaluación de la producción de gas HHO empleando electrodos DSA modificados con mezclas de cobre, cobalto y níquel mediante diseño de experimentos	105
División 5	**Electroquímica Ambiental (EAM)** **Trabajos Orales**	106
EAM-O1	Estimación de la recuperación de metales pesados en el sistema lagunar de la zona Sur de Tamaulipas a partir de lirio acuático.	107
EAM-O2	Correlación paramétrica de la reacción de reducción de oxígeno en electrodos de pasta de grafito modificados con carbones activados de residuos agroindustriales.	108
EAM-O4	Efecto del magneto-electropulido sobre la preparación de electrodos de Ti modificados con películas de TiO_2 y sus propiedades de decoloración fotocatalítica de azul de metileno en medio acuoso ácido.	109
EAM-O10	Evaluación electroquímica del Cu_2O-ZnO-Bi_2O_3 para la reacción de reducción de nitratos.	110
EAM-O11	Efecto de la configuración del reactor sobre la electrooxidación de enrofloxacino empleando electrodos de BDD.	111

EAM-O15	Comparación de la degradación de metronidazol en solución acuosa mediante procesos de electrooxidación y ozonización.	112
EAM-O17	Oxidación de 2,4 Diclorofenol utilizando diferentes materiales carbonosos como cátodos en un sistema Galvanic-Fenton Heterogéneo.	113
EAM-O22	Acoplamiento de un fotoánodo RuO_2-TiO_2 y un electrodo de difusión de oxígeno basado en rGO-KOH para la producción electroquímica sostenible de H_2O_2.	114
EAM-O23	Generación de oxidantes mediante procesos sonoelectroquímicos: interacción entre energía mecánica, eléctrica y química.	115
EAM-O24	Producción de bioenergía mediante un sistema celda de combustible microbiana - humedal artificial para la remoción de ibuprofeno.	116
EAM-O25	Efecto de pulsos eléctricos sobre la potencia de salida y la resistencia interna de una celda de combustible microbiano.	117
EAM-O27	Effect of glyphosate on the electropolymerization of molecularly imprinted polyaniline films and their potential application as sensors.	118
EAM-O30	Adsorción electroasistida de fluoruro usando carbón activado modificado con lantano en flujo controlado.	119
EAM-O31	Estudio de la actividad fotoelectrocatalítica del $Bi_4Ti_3O_{12}$ empleando Rodamina B como molécula sonda.	120
EAM-O33	Desarrollo de microceldas electroquímicas cortocircuitadas para la degradación de sulfametoxazol en fase acuosa.	121
EAM-O34	Comparación del desempeño electroquímico de celdas de combustible microbiana de una cámara y humedal artificial para la generación de bioenergía.	122
EAM-O35	Estudio de la transferencia de masa en un reactor electroquímico de lecho empacado con un enfoque de conversión eficiente de energía	123
EAM-O36	Estudio de la hidrodinámica sobre la transferencia de masa en un reactor electroquímico de lecho empacado.	124
EAM-O38	Proceso de absorción de la anilina en membranas de intercambio iónico y cómo se puede aprovechar para electromodificarlas.	125
EAM-O47	Remoción electroquímica de índigo y tintas industriales en aguas residuales.	126
EAM-O56	Estudio de la sorción del colorante verde brillante utilizando tereftalato de polietileno en un reactor galvánico.	127
EAM-O58	Estimulación eléctrica exógena para la germinación de semillas nativas de una comunidad indígena otomí del norte del Estado de México.	128
EAM-O60	Germinación de cempasúchil en condiciones de hidroponía asistida con electroestimulación.	129
EAM-O61	Obtención de bioetanol a partir de biomasa microalgal por hidrólisis y métodos químicos.	130
EAM-O62	Desempeño de aleaciones de media entropía (CuFeMoNi) en la reducción electrocatalítica de benzaldehído.	131
EAM-O63	Migración de nutrientes en un suelo agrícola al aplicar un campo eléctrico.	132

EAM-O64	Modelación de procesos electro-Fenton asistidos por campo magnético para la degradación de contaminantes orgánicos.	133
División 5	**Electroquímica Ambiental (EAM)** **Trabajos Carteles**	134
EAM-C3	Tratamiento electroquímico para la degradación de azul de metileno.	135
EAM-C5	Determinación del impacto de Cadmio y Plomo sobre Spirodela intermedia empleando escobillas de grafito como electrodo de trabajo.	136
EAM-C6	Evaluación de la degradación de colorantes artificiales empleando un método combinado de nanopartículas de TiO_2 y foto-electroquímica.	137
EAM-C7	Plataforma de Detección y Degradación Electroquímica de Anaranjado de Metilo.	138
EAM-C8	Caracterización espectroscópica de compuestos intermediarios formados durante la Degradación Electroquímica de Naranja de Metilo.	139
EAM-C9	Síntesis y evaluación electroquímica del SnO_2 para la reacción de reducción de NOx (RRNOx).	140
EAM-C12	Lixiviación ácida y electrólisis de cátodos de baterías de iones de litio para recuperación de metales de valor agregado.	141
EAM-C13	Efecto de la adición de residuo de café como agente conductor en electrodos modificados de TiO_2NPs y grafito en la remoción de colorante.	142
EAM-C14	Síntesis y caracterización de electrodos con nanocompuestos de ɣ-Fe_2O_3-TiO_2 para potencial desinfección de agua.	143
EAM-C16	Electrorefinación de aleaciones metálicas provenientes de la fundición de condensadores cerámicos multicapa: caracterización electroquímica y optimización.	144
EAM-C18	Efluentes textiles reales tratados mediante un sistema Galvanic-Fenton Heterogéneo vs. coagulación floculación: evaluación de su fitotoxicidad.	145
EAM-C19	Uso de solventes neotéricos (DES y RTIL) para la obtención vía electroquímica de recubrimientos nanoestructurados a base de Fe y Zn.	146
EAM-C20	Prueba de electrodos de fieltro de grafito modificados térmicamente y con recubrimiento de níquel para la generación de hidrógeno mediante la electrólisis de urea en medio acuoso.	147
EAM-C21	Degradación de paraquat en medio acuoso mediante procesos Foto-Fenton y electroquímico.	148
EAM-C28	Evaluación paramétrica de un reactor electro-Fenton heterogéneo para la potabilización de agua de lluvia.	149
EAM-C29	Recuperación de electrocatalizadores Pt-Pd-Rh a partir de tractocamiones diésel para su regeneración electroquímica.	150
EAM-C32	Actividad electrocatalítica de materiales bimetálicos (Pd, Cu) soportados sobre estructuras híbridas (C-MOx) para la oxidación de ácidos carboxílicos.	151

EAM-C37	Valorización integrada del carbono mediante oxidación avanzada y electro-reducción del CO_2 con electrodos reticulados.	152
EAM-C39	Evaluación de la selectividad de membranas de intercambio catiónico modificadas voltamperométricamente con polianilina.	153
EAM-C40	Desarrollo y caracterización de electrodos modificados con residuos de pimienta xantada y hierro para la detección de arsénico.	154
EAM-C42	Producción de biodiesel a partir de aceite de cocina usado (WCO) mediante electrólisis.	155
EAM-C43	Influencia de la naturaleza del catión durante la electroreducción de nitratos sobre Ni metálico: uso de técnicas *in situ* para determinar la relación NH_3/H_2.	156
EAM-C44	Óxidos mixtos asistidos con ultrasonido para su aplicación como electrocatalizadores en la producción de hidrógeno: Análisis electroquímico comparativo.	157
EAM-C45	Evaluación de la remoción de Pb^{2+} mediante nanopartículas magnéticas de óxido de hierro y cuantificación por voltamperometría de pulso diferencial.	158
EAM-C46	Efecto sinérgico de Ni–Co en la reducción electroquímica de nitratos en medio alcalino.	159
EAM-C48	Desempeño electrocatalítico de nanocompósitos Cu/In soportados en carbón Vulcan para la reducción selectiva de CO_2.	160
EAM-C49	Modulación de la reacción de evolución de oxígeno en medio alcalino utilizando electrocatalizadores basados en NiCu soportados en carbón vulcan y estructuras mesoporosas (C-SBA-15).	161
EAM-C50	Evaluación fotoelectrocatalítica de nanopartículas de CeO_2-Pd en reacciones monitoreadas in situ en condiciones alcalinas.	162
EAM-C51	Reducción electroquímica de CO_2 usando catalizadores sintetizados NiCu/C.	163
EAM-C52	Caracterización de electrodos DSA para el pretratamiento de lodos aerobios.	164
EAM-C53	Materiales bimetálicos (NiCu) soportados sobre C-TD para la reducción de nitratos en presencia de K^+ y Na^+: acoplamiento a la espectroscopia de masas.	165
EAM-C54	Uso de un disolvente eutéctico profundo como alternativa sustentable para el decapado de monedas metálicas históricas.	166
EAM-C55	Formación de película microbiana en electrodo a partir de alginato de sodio para producción de bioelectricidad en HA-CCM.	167
EAM-C57	Obtención electroquímica de biodiésel a partir de aceite de cocina usado.	168
EAM-C59	Evaluación del efecto del electrocultivo sobre la germinación y Desarrollo de cempasúchil (*Tagetes erecta L.*) en un suelo caracterizado fisicoquímicamente.	169
EAM-C65	Degradación electroquímica del desetil-desisopropil-atrazina en un proceso acoplado con cátodos de difusión de gas.	170

CTS-O4	Susceptibilidad a la corrosión por picadura en las aleaciones AerMet 100 y 4340 mediante análisis en el dominio de la frecuencia de ruido electroquímico.	172
CTS-O5	Optimización del proceso de pasivación de aceros aeroespaciales mediante la metodología de Taguchi y análisis relacional de grises.	173
CTS-O8	CorroQuant: desarrollo de una plataforma móvil para cuantificación de corrosión basada en imágenes.	174
CTS-O12	Evaluación de la velocidad de corrosión y vida útil de aceros austeníticos de alta aleación para cables electromecánicos.	175
CTS-O14	Evaluación electroquímica del omeprazol como inhibidor de corrosión sobre acero AISI1018 en diésel.	176
CTS-O16	Análisis y estudio electroquímico de un acero API 5L X65 en una solución sintética de suelo bajo condiciones de protección catódica intermitente.	177
CTS-O17	Desempeño de la L-cisteína en la protección contra la corrosión de vidrios metálicos Ni–Nb en medio con 3% de NaCl.	178
CTS-O18	Desempeño inhibidor de una mezcla farmacéutica comercial de diosmina-loratadina sobre acero X65 en medio ácido (1 M HCl).	179
CTS-O20	Comportamiento de corrosión del acero AISI 1045 templado y sin templar utilizando 2-mercaptoimidazol como inhibidor.	180
CTS-O21	Estudio del Ti-6Al-4V, acero 316L e hidroxiapatita-5%Mg como materiales sustitutos en el hueso humano.	181
CTS-O29	Mecanismo de protección anticorrosiva de recubrimientos GO, SiO_2 y GO–SiO_2 depositados por APPJ.	182
CTS-O34	Estudio mediante RE de un sistema acero-concreto tratado superficialmente con nanopartículas de SiO_2, expuesto en agua de mar sintética.	183
CTS-O35	Evaluación del desempeño anticorrosivo del extracto de *Mangifera indica* sobre acero API X100 en condiciones de flujo turbulento mediante Ruido Electroquímico.	184
CTS-O37	Estudios de potenciales catódicos y de biocompatibilidad realizados en una Aleación CoCrMo borurada y sometida a un proceso de recocido por difusión.	185
CTS-O38	Recubrimiento autocurativo basado en vinil-acrílico modificado y caolinita como portador de un medicamento caduco inhibidor de corrosión.	186
CTS-O45	Evaluación electroquímica de sustancia puras de origen natural como inhibidores de la corrosión para el control del empañamiento en los objetos históricos de plata.	187
CTS-O48	Caracterización electroquímica por EIS y CPP de recubrimiento superhidrofóbico de nanopartículas de SiO_2 aplicado mediante spray en Al7075.	188

CTS-O52	Estudio del proceso de corrosión del aluminio 6061 causado por *E. rostratum* usando como electrolito caldo de papa y dextrosa con y sin NPs de ZnO.	189
CTS-O54	Estudio de tribocorrosión de una aleación AISI 316L sometida al proceso de borurización.	190
CTS-O55	Evaluación electroquímica de electrolitos ácido cítrico-citrato para su uso en el anodizado sustentable de aleaciones de aluminio AA6061 y AA6063.	191
CTS-O57	Estudio electroquímico de derivados de bencifenil-tretazoltriazol como inhibidores orgánicos del acero API 5L X70 en medio salino.	192
CTS-O58	Eficiencia anticorrosiva del acero AISI 316 como refuerzo en Concreto Sustentable base CBCA y SAM expuesto a Cloruros y Sulfatos.	193
CTS-O60	Corrosión de Concretos Sustentables Ternarios base Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar y Humo de Sílice en presencia de Na_2SO_4.	194
CTS-O61	Limpieza de superficies de bronce contaminadas por sulfuros y su efecto en la formación de pátinas protectoras.	195
CTS-O64	Evaluación electroquímica de problemas patológicos asociados a carbonatación en un tanque de captación y almacenamiento de agua con capacidad de 50,000 m^3.	196
CTS-O65	Evaluación electroquímica del extracto *Ceiba Pentandra* como inhibidor verde de la corrosión para la aleación de aluminio 2024-T3 en HCl.	197
CTS-O66	Inhibición de la corrosión del acero API 5LX52 en presencia de H_2SO_4 utilizando un inhibidor orgánico derivado de aminoácidos.	198

División 6	**Corrosión y Tratamiento de Superficies (CTS)** **Trabajos Carteles**	199

CTS-C2	Estudio electroquímico del 2-MBI como inhibidor de corrosión para el acero API 5L X70 en NaCl saturado con CO_2.	200
CTS-C3	Evaluación y rehabilitación de concreto en ambiente marino tropical: Avances del Proyecto DURACON estación Veracruz.	201
CTS-C6	Optimización multiobjetivo de los parámetros del proceso de anodizado de la aleación de aluminio 6063 mediante metodología Taguchi y análisis relacional de grises.	202
CTS-C7	Estudio electroquímico de Sacarosa como inhibidor orgánico del acero API 5L X52 en medio salino.	203
CTS-C9	PEG_{200}-assisted electrodeposition of hierarchically structured Zn coatings for enhanced hydrophobicity and stearic-acid-induced superhydrophobic-like behaviour.	204
CTS-C10	Corrosión electroquímica del acero galvanizado y acero galvanizado pasivado en exposición atmosférica.	205
CTS-C11	Evaluación de la formación de carbonatos en el acero al carbono galvanizado expuesto en la atmósfera de Poza Rica Veracruz mediante técnicas electroquímicas en medio con sulfatos.	206

CTS-C15	Estudio del comportamiento electroquímico de un acero AISI 1018 embebido en bioconcreto con presencia de bacterias *Bacillus Megaterium* expuesto a ambiente marino.	207
CTS-C19	Evaluación de azitromicina caducada como inhibidor de corrosión para acero API X65 en medio ácido (1 M HCl).	208
CTS-C22	Efecto de la incorporación de partículas de CuO/Cu_2O en recubrimientos marinos aplicados a estructuras navales.	209
CTS-C23	Evaluación del comportamiento electroquímico de aleaciones de Ti6Al4V manufacturada por aditiva y convencional en ambientes de bacterias para aplicación dental.	210
CTS-C24	Evaluación electroquímica del acero inoxidable 316 en concretos ternarios sustentables.	211
CTS-C25	Estudio electroquímico de los aceros AISI 1018 y AISI 1018 galvanizado embebidos en concretos binarios expuestos a lluvia ácida simulada.	212
CTS-C26	Protección catódica fotoelectroquímica de un acero inoxidable mediante fotoánodos nanoestructurados de TiO_2 dopados con N y Ag_3PO_4.	213
CTS-C27	Comportamiento de corrosión de películas delgadas de acero inoxidable 430 depositadas mediante APPJ sobre acero al carbono 1018.	214
CTS-C28	Recubrimiento generado mediante anodizado en aleación de magnesio AZ31B para la protección contra la corrosión en implantes médicos.	215
CTS-C30	Evaluación de la inhibición de la corrosión por derivados de Acetilcumarinas en acero API 5L X70 en 3% de NaCl y diferentes condiciones hidrodinámicas.	216
CTS-C31	Estudio de la corrosividad de los suelos del corredor interoceánico del Istmo Mexicano en un acero API X60.	217
CTS-C32	Aprovechamiento de metabolitos secundarios de la cáscara de chile ancho (*Capsicum annuum L*) mediante solventes verdes para la protección de acero AISI SAE-1045.	218
CTS-C33	Evaluación del acero 316L en medio ácido, básico y neutro mediante técnicas electroquímicas.	219
CTS-C36	Síntesis de recubrimientos basados en caseinato de sodio y extracto de cáscara de naranja utilizando DES, para la inhibición de la corrosión.	220
CTS-C39	Extractos Iónicos de la Hoja *Azadirachta Indica* (Neem) y de *Opuntia Ficus-Indica* (Nopal) para el Control de la Corrosión en Aceros Industriales.	221
CTS-C40	Corrosión en Aceros Industriales: Análisis, Fundamentos y Aplicaciones.	222
CTS-C41	Efecto de un Inhibidor Verde en el Proceso de Corrosión de un Acero API X100 inmerso en Salmuera NACE a Condiciones de Flujo Turbulento.	223
CTS-C42	Inhibición de la corrosión del acero al carbono mediante omeprazol caducado: aportes del ruido electroquímico y la teoría del funcional de la densidad (DFT).	224

CTS-C44	Diseño y puesta en marcha de un prototipo de control en un SPCCI aplicado a un acero ASTM A36.	225
CTS-C46	Formación y evaluación electroquímica de películas precipitadas sobre acero galvanizado en medios carbonatados y clorurados.	226
CTS-C47	Monitoreo in situ de la degradación superficial de un acero al carbono mediante técnicas ópticas y electroquímicas en ambientes salinos.	227
CTS-C49	Mecanismo de formación de la magnetita inducido en un SPCCI.	228
CTS-C50	Estudio del potencial anticorrosivo de extractos de *Citrus sinensis* mediante espectroscopia de impedancia electroquímica.	229
CTS-C51	Evaluación y optimización de recubrimientos de zincato sobre aluminio	230
CTS-C53	Diseño de un Sistema autorregulable de Protección Catódica por Corriente Impresa enfocado a embarcaciones.	231
CTS-C56	Evaluación del desempeño anticorrosivo del extracto de *Syzygium aromaticum* nano reforzado con NPs ZnO sobre acero API X100.	232
CTS-C59	Comportamiento Electroquímico de Concretos Sustentables elaborados con CBCA y AR expuestos a Sulfato de Magnesio.	233
CTS-C62	Análisis del proceso de corrosión microbiológica generada por el hongo *E. rostratum* en una aleación aeronáutica mediante la técnica de RE.	234
CTS-C63	Estudio electroquímico de la corrosión inducida por corriente alterna sobre un ánodo de sacrificio inmerso en agua de mar sintética.	235
CTS-C67	Corrosión en Aceros API5L X70 Expuestos a Ambientes con H_2S.	236
División 7	**Conversión y Almacenamiento de Energía (CAE)**	237
	Trabajos Orales	
CAE-O2	Intercalación de V_2O_5 con un derivado quinónico tipo rodizonato para aplicaciones en baterías de ion sodio.	238
CAE-O3	desarrollo de baterías flexibles de Zinc-aire mediante la ingeniería de la composición de electrolitos cuasi-sólidos ultradelgados.	239
CAE-O6	Metodología para determinar la eficiencia y consumo energético de un electrolizador alcalino establecida en el LANH2.	240
CAE-O11	Cinéticas de producción de biocombustibles gaseosos a partir de suero de leche en celdas de electrólisis microbianas.	241
CAE-O14	Evaluación de las propiedades capacitivas de un compuesto Nylon/H_2T(p-NH_2)PP/GO.	242
CAE-O15	Grafeno exfoliado como estabilizador en electrodo de Mg-Co-Ni para almacenamiento de energía.	243
CAE-O17	Desarrollo de electrocatalizadores bifuncionales para baterías de Zn-aire mediante el acoplamiento de rGO a MOF 2D-tipo Hofmann soportado sobre Ti_3C_2Tx.	244
CAE-O20	Influencia del dopaje con Co en titanato de sodio ($Na_2Ti_6O_{13}$) sobre la estabilidad de ciclado a largo término en celdas de ion sodio (SIB).	245
CAE-O23	Electrolitos superconcentrados de $LiNO_3$ en H_2O:DMF para supercapacitores de alta energía específica.	246

CAE-O25	Hexacianoferratos de alta entropía como electrodos positivos para el almacenamiento electroquímico de iones de sodio acuoso.	247
CAE-O27	Efecto de contraiones en líquidos iónicos polimerizados (PILs) sobre el desempeño electroquímico de baterías litio-azufre.	248
CAE-O30	Estudio de la oxidación de metanol sobre catalizadores Au@Ptx núcleo-envolvente.	249
CAE-O36	Producción de hidrógeno mediante fotoelectrocatálisis en medio ácido con TiO_2/membranas de carbono como electrodos de trabajo.	250
CAE-O38	Arquitecturas híbridas de carbón Vulcan y zeolita LTL-Al para potenciar la electrooxidación de etanol en medio básico.	251

División 7 **Conversión y Almacenamiento de Energía (CAE)** 252
Trabajos Carteles

CAE-C1	Análisis Electroquímico de PtFe/rGO para la Electro-Oxidación de Metanol en Medio Ácido.	253
CAE-C4	Nanoestructuras base Pd empleadas en la reacción de oxidación de ácido fórmico.	254
CAE-C5	Evaluación del comportamiento fotovoltaico y de impedancia electroquímica en QDSSC de CdS:Mn.	255
CAE-C7	Electrodos porosos de zinc elaborados mediante burbujas dinámicas de hidrógeno para su uso en baterías zinc-aire de alto rendimiento.	256
CAE-C8	Compósitos novedosos basados en NiFe-LDH/Carbón mineral activado para supercapacitores asimétricos.	257
CAE-C10	Nanomateriales electrocatalíticos aplicados a la oxidación de moléculas orgánicas para la generación de energía.	258
CAE-C12	Análisis por espectroscopia de impedancia electroquímica de la espinela de $LiMn_2O_4$ co-dopada con Al y Nb como cátodo en baterías de ion-Li.	259
CAE-C13	Síntesis y caracterización electroquímica de $BiVO_4$ /WO_3 para aplicaciones en celdas solares de perovskitas.	260
CAE-C16	Actividad electrocatalítica de materiales base Pd para la oxidación de metanol en medio básico e impacto del área electroactiva.	261
CAE-C18	Sintetizando MXeno (Ti_3C_2Tx) a la carta: efecto de NH_4F, HCl y LiCl sobre sus propiedades electroquímicas en supercapacitores simétricos.	262
CAE-C19	Influencia del área superficial de matrices carbonosas en la conversión del azufre en cátodos para baterías litio-azufre.	263
CAE-C21	Oxidación de ácido fórmico por medio de nanopartículas mono- y polimetálicas base paladio (Pd, PdCu, PdNi y PdCuNi).	264
CAE-C22	Estudio con Teoría Funcional de la Densidad (DFT) de la reacción de reducción de oxígeno sobre Pd.	265
CAE-C24	Modulación del desempeño de batería de $NaTi_2(PO_4)_3$||PBA empleando un electrolito superconcentrado (WiSE) de iones sodio.	266
CAE-C26	Nanopartículas bimetálicas de PdAg obtenidas a partir de reline como electrocatalizadores para la oxidación electroquímica de metanol y etanol.	267

CAE-C28	Reciclaje de LIBs gastadas para la obtención de supercapacitores ensamblados con de rGO activado y dopado con N.	268
CAE-C29	Desarrollo de recubrimientos compuestos Ag/LLZTO y Ng/LLZTO depositados mediante APPJ para el transporte de li^{+} a través de membranas poliméricas.	269
CAE-C31	Compósitos NiFe-LDH/Carbón Mineral Activado como Materiales para Ánodos en Baterías de Ion Sodio.	270
CAE-C32	Diseño, Construcción y evaluación energética de un prototipo para producción y almacenamiento de hidrógeno verde a partir de agua contaminada mediante electrólisis.	271
CAE-C33	Efecto de la concentración para la formación de las nanopartículas de óxido de cobalto para la respuesta capacitiva.	272
CAE-C34	Desarrollo y caracterización de electrodos a base de (grafito-boro) GrB(MoS_2) para aplicación de almacenamiento de energía.	273
CAE-C35	Análisis preliminar de la respuesta capacitiva de un material nanocompuesto RGO/TiO_2.	274
CAE-C37	Evaluación del desempeño de electrocatalizadores libres de Pt para la reacción de reducción de oxígeno.	275

División 8	**Educación Electroquímica (EE)** **Trabajos Orales**	276
EE-O1	Fundadores de la electroquímica: aportaciones y espiritualidad.	277
EE-O2	Recubrimientos Electrolíticos Sobre Esferas: Un Problema para Fomentar el Análisis Crítico en la Enseñanza de la Electroquímica.	278
EE-O4	Análisis de distribución de tiempos de relajación como herramienta complementaria para el ajuste de los datos de Espectroscopia de Impedancia electroquímica usando circuitos eléctricos equivalentes.	279
EE-O5	Reflexiones sobre la enseñanza de la corrosión en el nivel superior y posgrado.	280
EE-O6	La enseñanza de la electroquímica a través de redes sociales: estrategias de microaprendizaje y su impacto en la retención conceptual.	281
EE-O7	La importancia del potencial de corriente nula y la interfase electroquímica	282
EE-O8	Fundamentos de Espectroscopía de Impedancia Electroquímica.	283
EE-O9	Inhibidores orgánicos y sustentables: Mecanismos de acción y evaluación de la eficiencia en la protección de metales.	284

División 8	**Educación Electroquímica (EE)** **Trabajos Carteles**	285
EE-C3	Estudio electroquímico del acero API 5LX65 en diferentes medios corrosivos.	286
EE-C10	Implementación de dispositivos didácticos para la enseñanza de tecnologías electroquímicas de producción y aprovechamiento de hidrógeno verde.	287

División 1

Electroquímica Analítica (EA)

Trabajos Orales

Detección electroquímica de H_2O_2 como indicador de estrés oxidativo inducido por nanozimas de MoS_2 en sistemas bacterianos

Presentación Oral

A. López Amador[1], B. L. España Sánchez[2], J. R. Casanova Moreno[1]

[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C., Parque Tecnológico Querétaro s/Sanfandila, Pedro Escobedo, Querétaro, C.P 76703, México.

[2]Institute of Advanced Materials for Sustainable Manufacturing, Tecnologico de Monterrey, Epigmenio González 500 Fracc. San Pablo, Querétaro, Qro 76130, Mexico

E-mail: aamador@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El incremento de la resistencia bacteriana a los antibióticos ha impulsado el desarrollo de estrategias basadas en nanomateriales capaces de inducir estrés oxidativo en microorganismos. Entre ellas, las nanozimas de MoS_2 destacan por sus propiedades catalíticas, alta área superficial y capacidad para generar especies reactivas de oxígeno (ROS) con actividad antimicrobiana[1]. No obstante, la comprensión de los mecanismos nano-bio involucrados requiere herramientas que permitan monitorear estas señales químicas en tiempo real [2]. En este sentido, la detección electroquímica de H_2O_2 surge como una estrategia prometedora para evaluar indirectamente la respuesta oxidativa bacteriana inducida por nanozimas [3]. Por ello, este trabajo propone integrar técnicas electroquímicas empleando electrodos miniaturizados de platino para desarrollar una plataforma capaz de correlacionar la actividad antimicrobiana con la generación de ROS.

2. METODOLOGÍA

Las nanozimas de MoS_2 fueron sintetizadas por vía hidrotermal y caracterizadas por FTIR, Raman y SEM/TEM. Su actividad catalítica y capacidad de detección electroquímica de H_2O_2 se evaluaron mediante TMB, voltamperometría cíclica y cronoamperometría. Finalmente, se determinó su actividad antibacteriana frente a *S. aureus* y *P.aeruginosa* a distintos tiempos.

3. RESULTADOS

Los resultados confirmaron que las nanozimas de MoS_2 presentan actividad catalítica tipo peroxidasa y efecto antibacteriano. La caracterización por FTIR, Raman y SEM corroboró la formación de MoS_2 con morfología laminar y adecuada distribución superficial. Las pruebas con TMB demostraron una respuesta catalítica dependiente de la concentración, mientras que los estudios electroquímicos evidenciaron una detección sensible y reproducible de H_2O_2 mediante electrodos miniaturizados de Pt. Finalmente, las nanozimas mostraron una inhibición significativa de *S. aureus* y *P. aeruginosa*, asociada a la generación de ROS y al estrés oxidativo inducido.

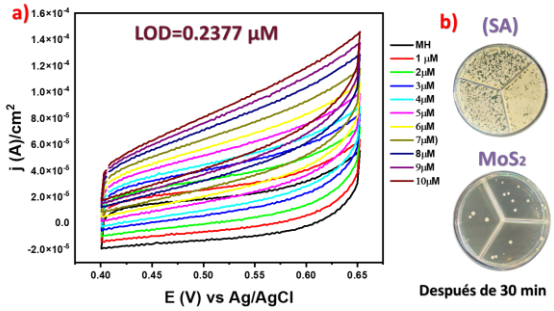


Figura 1: a) Curva de calibración de la detección EQ de H2O2 de 1 a 10 µM y b) Actividad Antibacteriana de las nanozimas contra S. aureus

4. CONCLUSIONES

Se sintetizaron nanozimas de MoS_2 con actividad peroxidasa-like y efecto antibacteriano, además de obtener una respuesta electroquímica sensible al H_2O_2 mediante electrodos miniaturizados de Pt. Estos resultados demuestran el potencial de las nanozimas de MoS_2 para aplicaciones en biosensado, estrés oxidativo y terapias antimicrobianas.

5. REFERENCIAS

[1] Yang, Z. Chen, Z. Gao, S. K. Tammina, and Y. Yang, "Nanozymes used for antimicrobials and their applications," *Colloids Surf. B Biointerfaces*, vol. 195, p. 111252, Nov. 2020, doi: 10.1016/J.COLSURFB.2020.111252.

[2] Y. Dai, Y. Ding, and L. Li, "Nanozymes for regulation of reactive oxygen species and disease therapy," *Chinese Chemical Letters*, vol. 32, no. 9, pp. 2715–2728, Sep. 2021, doi: 10.1016/J.CCLET.2021.03.036.

[3] S. Zhao *et al.*, "Recent advances of electrochemical sensors for detecting and monitoring ROS/RNS," *Biosens. Bioelectron.*, vol. 179, p. 113052, May 2021, doi: 10.1016/J.BIOS.2021.113052.

Desarrollo y caracterización de un biosensor electroquímico de ADN para la detección de biomarcadores asociados al meduloblastoma

Presentación **Oral**

I.P. Hernández Rosales[1], A. Reveles Espinoza[2], E. A. Cortés Váñez[3], R. Trejo Trejo[4], J.F. García Alarcón[5], I. de J. Salgado Ramos[2], J. Casanova Moreno[1].

[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Parque Tecnológico Querétaro s/n, San Fandila C.P. 76703, Pedro Escobedo, Qro.

[2] Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo, Instituto Politécnico Nacional (CIDETEC-IPN), Gustavo A. Madero, 07700, Ciudad de México, México.

[3]Universidad Tecnológica Metropolitana de Aguascalientes. [4]Universidad Tecnológica de San Juan del Río. [5]Instituto Tecnológico Superior de Xalapa.

E-mail: ihernandez@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El meduloblastoma es uno de los tumores malignos pediátricos más agresivos del sistema nervioso central, caracterizado por una alta tasa de metástasis y baja supervivencia, especialmente en los Grupos 3 y 4[1]. Marcadores moleculares han sido identificados para distinguir entre los diferentes grupos de meduloblastoma [2]. Debido a la necesidad de métodos de diagnóstico rápidos, sensibles y específicos, los biosensores electroquímicos de ADN han surgido como una alternativa prometedora para la detección de biomarcadores tumorales [3]. Estos dispositivos convierten eventos de hibridación de ADN en señales eléctricas medibles, permitiendo el desarrollo de plataformas portátiles y de bajo costo. En este trabajo se desarrolló y caracterizó un biosensor electroquímico basado en monocapas autoensambladas (SAMs) de oligonucleótidos sobre electrodos de oro para la detección de biomarcadores asociados a los grupos de meduloblastoma.

2. METODOLOGÍA

Se empleó un sistema electroquímico de tres electrodos compuesto por un electrodo de trabajo de oro, un electrodo de referencia Ag/AgCl y un contraelectrodo de platino. La limpieza electroquímica del electrodo de oro se realizó mediante voltamperometría cíclica en H_2SO_4 0.5 M. Posteriormente, se formó una SAM utilizando sondas específicas de ADN modificadas con grupos tiol y azul de metileno, diseñadas termodinámicamente. La caracterización electroquímica del biosensor se efectuó mediante voltamperometría cíclica (CV), y voltamperometría de onda cuadrada (SWV). Las respuestas electroquímicas obtenidas antes y después de la hibridación con cadenas de ADN complementarias sintéticas fueron analizadas con el software NOVA 2.1.8.

3. RESULTADOS

La formación de la SAM sobre el electrodo de oro produjo cambios significativos en la respuesta electroquímica del sistema, evidenciando una correcta inmovilización de las sondas de ADN. Posteriormente, la hibridación con los oligonucleótidos de ADN complementarios generó variaciones en la intensidad de corriente observadas mediante SWV y CV, confirmando la capacidad de reconocimiento molecular del biosensor. Los resultados mostraron una adecuada reproducibilidad y estabilidad del sistema,

4. CONCLUSIONES

Se logró desarrollar un biosensor electroquímico de ADN basado en SAMs sobre electrodos de oro para la detección de biomarcadores asociados a los grupos de meduloblastoma. Las técnicas electroquímicas empleadas permitieron verificar la correcta inmovilización de las sondas. Los resultados obtenidos demuestran el potencial de este tipo de plataformas como herramientas sensibles y selectivas para aplicaciones de diagnóstico biomédico.

5. REFERENCIAS

[1] Slika, H., Alimonti, P., Raj, D., Caraway, C., Alomari, S., Jackson, E. M., & Tyler, B. (2023).

[2] A. Reveles-Espinoza et al., Comput Struct Biotechnol J, 27, 3481-3491, (2025).

[3] AM Downs, KW Plaxco - ACS sensors, (2022).

Comportamiento del fármaco olanzapina a través de la interfase entre dos soluciones electrolíticas inmiscibles

Presentación **Oral**

R. A. Rodríguez Paz, L. G. López-Martínez, J. Amador-Hernández y M. Velázquez-Manzanares
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila.
Blvd. V. Carranza s/n, Saltillo Coahuila, 25280, México.
E-mail: miguel_velazquez@uadec.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

La Interfase Entre dos Soluciones Electrolíticas Inmiscibles (ITIES, por sus siglas en inglés) es una herramienta que ha permitido llevar a cabo estudios fundamentales de transferencia de carga [1], como en áreas de la química y la biología donde los procesos de transferencia de carga están presentes. Ejemplo: extracción selectiva de metales y/o modelos de transferencia facilitada de iones a través de las membranas biológica. La ITIES se ha considerado, como sistema modelo, en la obtención de parámetros termodinámicos de la transferencia de carga en estos sistemas. Se han realizado estudios de moléculas orgánicas como las triazinas [2], metabolitos de cocaína [3], metales pesados [4], entre otros.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la transferencia del fármaco antipsicótico olanzapina (OLA) a través del sistema agua|1,2 dicloroetano (1,2 DCE).

2. METODOLOGÍA

Los estudios se realizaron en una celda de vidrio con una configuración de 4-electrodos, con 1,2 DCE como fase orgánica, mediante Voltamperometría Cíclica (VC). Utilizando tetrakis-4-clorofenilborato de tetrafenilarsénico (TPAsTPBCl) y LiCl como electrolitos de fase orgánica y acuosa respectivamente.

3. RESULTADOS

En la Fig. 1, se el VC correspondientes a la transferencia de la OLP a través de la interfase agua-1,2-DCE (pH= 2.0). Como se observa el proceso ocurre dentro de la ventana de potencial, diferenciándose claramente de la línea base. El VC mostro un pico de transferencia reversible, con una diferencia de 0.057 V, cercano a lo que predice la ecuación de Nernst, para la transferencia de una carga. La OLP tiene un solo $pK_a = 7.8$, por lo que se espera solo un grupo ionizable, en las condiciones de acidez estudiadas. De esta manera la especie iónica que se responsable de las corrientes observadas es $OLPH^+$. Con un potencial formal de transferencia de ($\Delta_o^a \phi_{OLPH+}^{\theta'}$= 0. 184 V) y una energía de transferencia de ($\Delta_o^a G_{tr,OLPH+}^{\theta',a\to o}$= 17.75 kJ mol^{-1}).

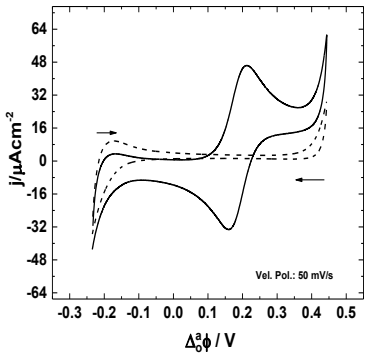


Fig. 1. VC de la transferencia de la OLA (0.05 mM).

4. CONCLUSIONES

Los experimentos de VC mostraron que la OLP se transfiere a través de la ITIES, presentando su transferencia en la forma de $OLPH^+$. Esta información puede ayudar a entender la transferencia de moléculas de importancia farmacológica a través de las membranas biológicas.

5. REFERENCIAS

[1] J. A. Ribeiro, A. F. Silva, H. H. Girault, and C. M. Pereira, *Talanta*, **280**, 26729, 2024.
[2] M. Velázquez-Manzanares, J. Amador-Hernández, C. Cisneros-Cisneros, and K. A. Heredia-Lezama, *J. Electrochem. Soc.*, 155(10), F218, 200.
[3] P. Borgul, K. Sobczak, M. Rizwan, *et al.*, *Sens. Actuators B Chem.*, **414**, 135895, 2024.
[4] H. Bingol, E. G. Akgemci, M. Ersoz, and T. Atalay, *Electroanalysis*, **19**(12), 1327, 2007.

Uso de la señal oxidativa de la tiocolina para optimizar un biosensor electroquímico de carbono vítreo modificado con Acetilcolinesterasa.

Presentación **Oral**

G.E. Rico García[1], G. Alarcón Ángeles[1], M. Gómez Hernández[1], E.E Rodríguez[2], M. Hurtado y de la Peña[1].

[1]Depto. Sistemas Biológicos, Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Xochimilco.

[2]Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional.

E-mail: 2253801742@alumnos.xoc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Entre los métodos analíticos electroquímicos se tiene a los biosensores (BS), dispositivos que ocupan un elemento de reconocimiento biológico para traducir la información química en una señal analítica [1]. Un elemento de reconocimiento específico es la enzima acetilcolinesterasa (AChE) que se incorpora a la estructura de diversos biosensores electroquímicos, aprovechando la actividad enzimática para generar tiocolina a partir de acetiltiocolina (ASCh). La oxidación electroquímica de la tiocolina se puede medir por diferentes técnicas [2]. Este BS se puede utilizar para el análisis de moléculas de interés médico, ambiental y farmacéutico [3].

Para obtener la mejor respuesta analítica se debe optimizar la construcción del biosensor. Se pueden utilizar distintos materiales de electrodo y, combinados con la enzima, incluir metales conductores, materiales de carbono o sistemas nanoestructurados.

En este trabajo se evalúo la respuesta de un biosensor conformado por un electrodo de carbono vítreo (GC) modificado con una película de oro y AChE. La respuesta obtenida fue optimizada variando los parámetros críticos como la cantidad de AChE, concentración de glutaraldehído reticulante, así como el potencial de pulso, la temperatura y pH de medición.

2. METODOLOGÍA

Los BS se construyeron utilizando electrodos de carbono vítreo. La película de oro se obtuvo por electrodeposición por voltamperometría cíclica (VC) y posteriormente se adsorbieron por evaporación, soluciones de AChE y glutaraldehído.

La respuesta de los biosensores fue evaluada en una celda de tres electrodos, utilizando una solución de ASCh 10 mM, por VC y cronoamperometría (CA) a un potencial E_p = 0.3 V vs. AgCl/Ag, durante 60 s.

3. RESULTADOS

Como se presenta en la Figura 1, la señal de oxidación de tiocolina no se observa al utilizar electrodo de GC, GC modificado con oro, o GC con AChE adsorbida. Esto demuestra que la tiocolina, generada enzimáticamente por AchE, se oxida a E_p= 0.3 V, favorecida en presencia del oro y la corriente aumenta cuando se incrementa la cantidad de enzima adsorbida.

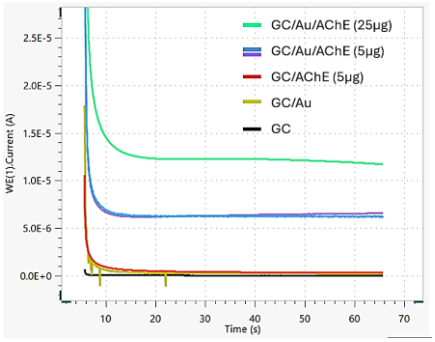


Figura 1. CA de ASCh 10 mM, utilizando diferentes electrodos y BS con AchE, pH = 7.2, KCl 0.1 M, y un E_p = 0.3 V.

4. CONCLUSIONES

La corriente de oxidación de la tiocolina permite optimizar la construcción de BS a base de AchE. Un biosensor funcional debe incluir AChE y oro metálico. La cantidad de enzima adsorbida es el factor de mayor impacto sobre la intensidad de la señal analítica

5. REFERENCIAS

1.- D. R. Thévenot, K. Toth, R. A. Durst, G. S. Wilso Biosensors and Bioelectronics, 16, 121, (2001).

2.- S. Dos Santos Araújo, *Analytical Methods*, 17, 241 (2025).

3.- H. F. Cui, Biosensors and Bioelectronics, 99, 22 (2018).

Uso de EVLS para la Visualización del Estado Estacionario en Microelectrodos a Altas Velocidades de Barrido

Presentación **Oral**

D.A. Crespo-Yapur, J. Muñoz Lázaro, F. Navarrete Ruiz, A.S. Suárez Pérez, J. R. Ordeñez Olvera y M. Videa
Tecnológico de Monterrey.
E-mail: alfonso.crespo@tec.mx

1. INTRODUCCIÓN

El área significativamente reducida de los microelectrodos permite minimizar la corriente capacitiva y la caída de voltaje óhmica, lo que los convierte en una herramienta ideal para experimentos a altas velocidades de barrido. Además, permiten realizar mediciones en estado estacionario. Sin embargo, la observación de este estado estacionario está sujeta al cumplimiento de la condición

$$v \ll \frac{RTD}{nFr_0^2} \quad (1)$$

donde v es la velocidad de barrido, r_0 el radio del electrodo, y los demás símbolos tienen su significado habitual. Arriba de este límite, la contribución de la difusión planar dificulta la medición de la corriente estacionaria.

La voltamperometría de eliminación utiliza funciones que combinan la corriente medida a diferentes velocidades de barrido para aislar contribuciones con dependencias diferentes de v [1].

En este trabajo se aplicó la metodología de eliminación en experimentos de voltamperometría cíclica del sistema redox $K_3[Fe(CN)_6]/K_3[Fe(CN)_6]$ obtenidos en un microelectrodo para separar las contribuciones difusional planar, cinética y capacitiva a la corriente.

2. METODOLOGÍA

Las mediciones experimentales se realizaron en una celda de vidrio de un solo compartimento, con un contraelectrodo de Pt, un electrodo de referencia de Ag|AgCl sat.KCl, y un microelectrodo de disco de Au, con un diámetro de 25 µm como electrodo de trabajo. El electrolito fue una solución 1 M de KCl + 1mM $K_3[Fe(CN)_6]$ saturada con N_2.

3. RESULTADOS

La Figura 1A muestra los voltamperogramas obtenidos a diferentes velocidades de barrido. El estado estacionario puede observarse únicamente a 12.5 mV s^{-1}, dos órdenes de magnitud por debajo del límite establecido por la ecuación 1.

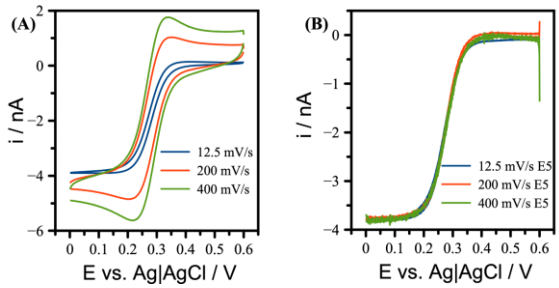


Figura 1. (A) Voltamperogramas obtenidos en 1 M KCl + 1mM $K_3[Fe(CN)_6]$ (B) Funciones E5 de los voltamperogramas.

La función E5 elimina las contribuciones capacitiva y difusional planar, que dependen de v^1 y $v^{1/2}$ respectivamente, dejando únicamente la contribución independiente de v . La Figura 1B muestra la corriente de estado estacionario para cualquier velocidad de barrido, cuyo valor límite es de 3.72 nA, que coincide con el valor teórico de 3.67 nA.

4. CONCLUSIONES

La obtención de información del estado estacionario a velocidades de barrido superiores al límite teórico demuestra la versatilidad de la metodología de eliminación para analizar voltamperogramas.

5. REFERENCIA

[1] X. Li, I. Triskova, L. Trnkova, *Electrochim. Act* 442, 141921, (2023).

Estudio Electroquímico de Reacciones Redox con Especies Adsorbidas Mediante de Simulación de sus Componentes de Reacción

Presentación **Oral**

D. A. Crespo-Yapur, M. Videa
Tecnologico de Monterrey.
E-mail: alfonso.crespo@tec.mx

1. INTRODUCCIÓN

Klymenco *et al.* [1] utilizaron simulación numérica para demostrar que los voltamperogramas obtenidos para la reacción global

$$A_{bulk} \rightleftharpoons B_{ads} + e^- \quad (1)$$

pueden exhibir una gran riqueza de comportamientos cualitativos, dependiendo del mecanismo de reacción y de la velocidad de barrido. La interpretación de estos voltamperogramas se dificulta por la cantidad de fenómenos activos que contribuyen a la corriente total.

En este trabajo se simularon los voltamperogramas correspondientes al mecanismo:

$$A_{bulk} \rightleftharpoons A_{surf} \rightleftharpoons A_{ads} \rightleftharpoons B_{ads} + e^- \quad (2)$$

En este sistema, la velocidad redox (proporcional a la corriente medida) es el resultado de un balance entre la velocidad de adsorción neta y la velocidad de consumo de las especies adsorbidas A_{ads}.

$$v_{redox} = v^A_{ads\,net} - \frac{\partial \Gamma_A}{\partial t} \quad (3)$$

El objetivo fue emplear una representación gráfica de ambas contribuciones para interpretar las distintas señales voltamperométricas.

2. METODOLOGÍA

Para el modelo utilizado se consideró una cinética tipo Butler-Volmer y la difusión planar de A, además de la adsorción de A siguiendo una isoterma de Langmuir.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se representa la v_{redox} (área amarilla) para un sistema con comportamiento de adsorción irreversible, AI (Figura 1A), y con comportamiento cinético irreversible, KinI' (Figura 1B).

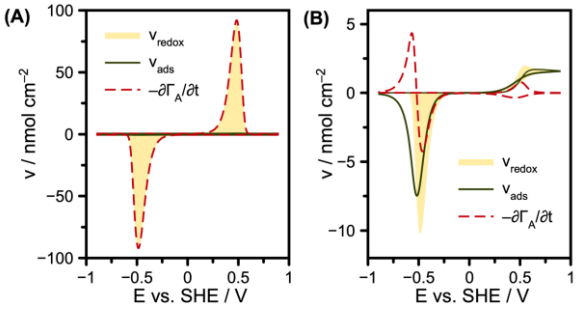


Figura 1. Diagramas de velocidad redox simulados (equivalentes a un voltamperograma cíclico) para una constante de desorción $k^A_{des} = 100\ s^{-1}$ y (A) $k^A_{ads} = 1 \times 10^9\ cm^3 mol^{-1} s^{-1}$, (B) $k^A_{ads} = 1 \times 10^5\ cm^3 mol^{-1} s^{-1}$.

Estos regímenes cinéticos presentan ondas anódicas cualitativamente distintas debido a los valores de k^A_{ads}. Para el caso AI, la mayor contribución a v_{redox} anódica proviene de $-\frac{\partial \Gamma_A}{\partial t}$ (línea roja segmentada), mientras que en el régimen KinI' el pico se asocia a $-\frac{\partial \Gamma_A}{\partial t}$ y el plató es descrito por $v^A_{ads\,net}$ (línea verde). El pico catódico del régimen AI tiene una contribución mayoritaria de $-\frac{\partial \Gamma_A}{\partial t}$ mientras que para KinI', $v^A_{ads\,net}$ y $-\frac{\partial \Gamma_A}{\partial t}$ aportan a su descripción, contrario a lo esperado por su similitud cualitativa.

4. CONCLUSIONES

La descomposición de v_{redox} en $v^A_{ads\,net}$ y $-\frac{\partial \Gamma_A}{\partial t}$ permite una interpretación transparente e intuitiva de los fenómenos subyacentes a las características voltamperométricas y diferenciar la aparente equivalencia mecanística.

5. REFERENCIAS

[1] O. V. Klymenko, I. Svir, and C. Amatore, *Molecular Physics*, 112, 1273-1283, (2014).

Estudio Teórico de Voltamperometría de Eliminación para Reacciones Redox con Especies Adsorbidas

Presentación **Oral**

D. A. Crespo-Yapur, M. Videa
Tecnologico de Monterrey.
E-mail: alfonso.crespo@tec.mx

1. INTRODUCCIÓN

La voltamperometría de eliminación permite descomponer la corriente voltamperométrica en función de las distintas dependencias de la velocidad de barrido v mediante funciones de eliminación. Estas combinan corrientes medidas en múltiplos de v para conservar alguna contribución a la corriente total. La función E4 conserva la contribución difusional, que depende de $v^{1/2}$; la E5, cinética, independiente de v ; y E6, que depende de v , la contribución capacitiva o pseudo-capacitiva. Esta metodología ha sido utilizada con éxito para facilitar la detección de biomoléculas, cuya oxidación ha sido descrita como un proceso redox irreversible de especies adsorbidas

$$A_{ads} \rightleftharpoons B_{ads} + e^- \quad (1)$$

En estos casos, la función E4 presenta una señal pico-contrapico (*p-cp*) característica que aumenta la sensibilidad de detección

Sin embargo, esta interpretación ignora los procesos de difusión y adsorción que pueden influir en las características de la señal. En este trabajo se simularon los voltamperogramas correspondientes al mecanismo:

$$A_{bulk} \rightleftharpoons A_{surf} \rightleftharpoons A_{ads} \rightleftharpoons B_{ads} + e^- \quad (2)$$

El objetivo fue procesar los voltamperogramas con las funciones de eliminación E4, E5 y E6, para estudiar el efecto de las constantes cinéticas en el comportamiento de estas señales.

2. METODOLOGÏA

Para el modelo utilizado se consideró una cinética tipo Butler-Volmer y la difusión planar de A, además de la adsorción de A siguiendo una isoterma de Langmuir. Se varió el valor de la constante de velocidad de adsorción k^A_{ads} manteniendo la constante de velocidad de desorción k^A_{des}, obteniendo distintos valores de afinidad ($\rho = k^A_{ads}[A]_{bulk}/k^A_{des}$).

3. RESULTADOS

En la Figura 1A se muestran los barridos anódicos obtenidos para $\rho = 1$ y $\rho = 1000$. Ambos exhiben un pico de altura similar, y una señal E4 con el *p-cp* esperado para un proceso redox en estado adsorbido.

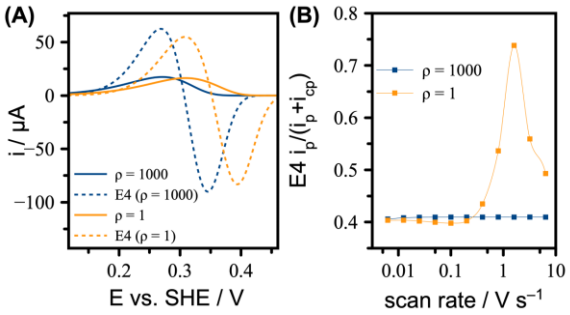


Figura 1. (A) Voltamperogramas simulados a 100 mV s^{-1} y las funciones E4 (B) $i_p/(i_p + i_{cp})$ de la función E4 a diferentes velocidades de barrido.

Los valores de $i_p/(i_p + i_{cp})$ de la señal E4 superiores al teórico 0.409 suelen atribuirse a la presencia de reacciones químicas que preceden al proceso redox [1]. La figura 1B muestra que mientras el sistema $\rho = 1000$ se estabiliza en valores cercanos al valor teórico, el sistema para $\rho = 1$ se desvía hacia valores mucho más altos.

4. CONCLUSIONES

La señal *p-cp* en la función E4 es observable en simulaciones que incluyen los pasos de difusión y de adsorción de A. La relación $i_p/(i_p + i_{cp})$ puede ayudar a identificar el rol del paso de adsorción.

5. REFERENCIAS

[1] L. Trnkova, *j. Electroanal. Chem*, 905, 115961, (2022).

Propuesta de Modelo de Descarga de Celdas Aplicado a una Celda de Daniell

Presentación **Oral**

E. Rodríguez Medina[1], A. Arteaga Marrufo[1], O. A. González-Meza[1]
[1]Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales, ITESO
E-mail: Omar.GonzalezM@iteso.mx

1. INTRODUCCIÓN

El modelado de la descarga electroquímica es una herramienta fundamental para comprender y predecir el comportamiento de sistemas electroquímicos, ya que permite relacionar las variables de operación con el desempeño de la celda y constituye la base para el diseño y optimización de baterías y otros dispositivos electroquímicos. En este trabajo se desarrolló y validó un modelo de descarga para una celda de Daniell bajo diferentes condiciones de concentración y temperatura, comparando los resultados experimentales con los valores teóricos obtenidos mediante la ecuación de Nernst y la ley de voltajes de Kirchoff.

2. METODOLOGÍA

Se construyó una celda de Daniell con electrodos de zinc y cobre conectados mediante un puente salino con KCl. Se evaluaron dos concentraciones de electrolito (0.0125 M y 0.003125 M) y dos temperaturas de operación (25 °C y 50 °C) bajo un diseño factorial 2×2 con tres réplicas por condición. El voltaje y la corriente se registraron continuamente mediante LabVIEW y un multímetro digital. A partir de estos datos se calcularon la carga transferida, las concentraciones iónicas y el potencial teórico de la celda mediante la ecuación de Nernst. Asimismo, se determinó la resistencia interna y se compararon los valores teóricos y experimentales mediante análisis de regresión lineal y parámetros estadísticos de ajuste para evaluar la validez del modelo electroquímico.

3. RESULTADOS

El comportamiento de descarga experimental tuvo la tendencia esperada, en el rango estudiado, de caída inicial de voltaje y posterior estabilidad (*Figura 1*).

La validación del modelo cinético basado en la ecuación de Nernst [1] y la ley de tensiones de Kirchhoff [2] mostró una alta concordancia entre los valores teóricos y experimentales de voltaje. Los análisis de regresión mostraron una fuerte correlación entre los valores teóricos y experimentales, con coeficientes de determinación superiores a 0.96, pendientes cercanas a uno e intersecciones próximas a cero. Asimismo, los elevados valores del estadístico F y los valores p menores a 0.05 confirmaron la significancia estadística del modelo con un nivel de confianza del 95 %, el cual se presenta a continuación:

$$E(t) = E_{\text{celda}} - I(t) \cdot r(t)$$

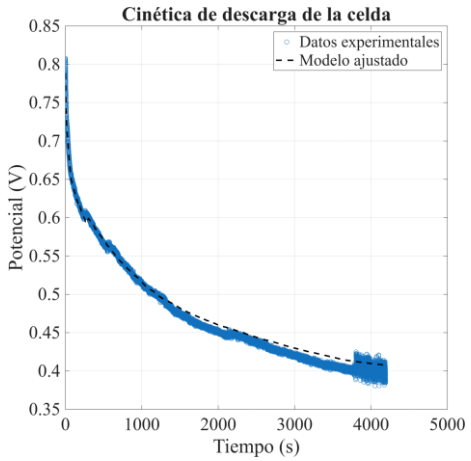


Figura 1. Curva de descarga (datos experimentales y teóricos).

4. CONCLUSIONES

Se desarrolló un modelo de descarga basado en la ecuación de Nernst y la ley de tensiones de Kirchhoff, el cual describió satisfactoriamente el comportamiento electroquímico de la celda de Daniell bajo distintas condiciones de operación. La alta concordancia entre los valores teóricos y experimentales respalda su capacidad predictiva dentro del intervalo estudiado. Este modelo constituye una base para el análisis y desarrollo de modelos más complejos aplicables a sistemas electroquímicos.

5. REFERENCIAS

[1] R. Chang, *Química*, pp. 769–771, McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., México, (2002).
[2] A. Lasia, Electrochemical Impedance Spectroscopy and its Applications, p. 8, Springer, New York, (2014).

Desarrollo y validación electroquímica de una plataforma microfluídica impresa en 3D para estudios de transporte de masa

Presentación **Oral**

J. Cárdenas Martínez[1], R. Ortega Borges[1], J.A. Díaz Real[1*]

[1] Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, 76703, Querétaro, México.

E-mail: jdiaz@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las técnicas voltamperométricas hidrodinámicas son fundamentales para el estudio de la cinética y mecanismos de reacción [1]. Convencionalmente, estos estudios se realizan mediante sistemas de electrodo de disco rotatorio (RDE). Sin embargo, los sistemas microfluídicos han emergido como una alternativa innovadora que opera bajo principios hidrodinámicos análogos. La relevancia de desarrollar estas plataformas electro analíticas radica en su capacidad para potenciar significativamente las tasas de transporte de masa en comparación con electrodos convencionales, debido a su elevada relación área-volumen [2]. Este trabajo aborda la validación de una plataforma microfluídica mediante la determinación del coeficiente de difusión (D) en comparación con el método RDE convencional en bulk. A través de este análisis, se demostró un transporte de masa optimizado en el dispositivo microfluídico.

2. METODOLOGÍA

El dispositivo microfluídico se diseñó en SolidWorks y se fabricó mediante impresión 3D con resina fotocurable (Figura 1b). Como electrodos se emplearon placas comerciales de platino de 5 x 1.5 x 0.1 mm, delimitando el área geométrica con cinta Kaptón (electrodo de trabajo 2 x 3 mm y el contraelectrodo de 5 x 5 mm). Los electrodos se limpiaron en solución piraña y se pulieron con alúmina de 0.3 µm y se ensamblaron a la placa de impresa. La conexión eléctrica se estableció con conectores tipo banana, asegurando el contacto con pintura de plata. La validación hidrodinámica se realizó empleando el par redox $[Fe(CN)_6]^{3-}/[Fe(CN)_6]^{4-}$ en KOH 1M, el cual fue desoxigenado con N_2. Las mediciones se realizaron con un bipotenciostato BioLogic SP-300 utilizando una bomba peristáltica. Los resultados se compararon con RDE con un electrodo de Pt de disco.

3. RESULTADOS

La plataforma microfluídica mostró un perfil hidrodinámico sigmoidal con corrientes límite reproducibles a distintas velocidades de flujo, confirmando un régimen de flujo laminar y transferencia de masa gobernada por convección forzada (Fig. 1a). Se demostró que el dispositivo microfluídico presenta un comportamiento similar al sistema convencional en bulk mediante RDE, generando coeficientes de $D_{RDE} = 3.645x10^{-5}$ cm^2/s y $D_{UFC} = 4.565x10^{-5}$ cm^2/s, lo cual confirmó su viabilidad para aplicaciones hidrodinámicas.

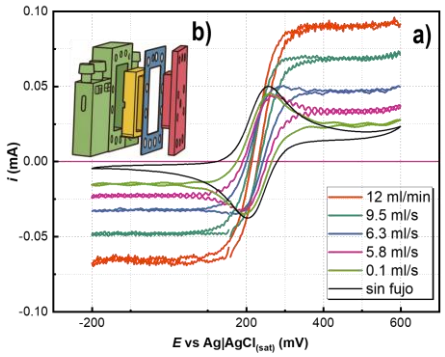


Figura 1. Curvas J vs. E del sistema $[Fe(CN)_6]^{3-}/[Fe(CN)_6]^{4-}$ a 10 mV/s en una celda µfC a diferentes flujos.

4. CONCLUSIONES

La celda microfluídica generó una respuesta sigmoidal causado por la convección forzada. Este comportamiento confirma rigurosamente que el canal diseñado mantiene un flujo laminar uniforme y estable a lo largo de toda la sección de los electrodos. En consecuencia, se valida con éxito la plataforma microfluídica como una herramienta electro analítica altamente eficiente, reproducible y competitiva frente a las técnicas macroscópicas convencionales para el estudio de fenómenos de transporte de masa.

5. REFENCIAS

[1] J.A. Alden, M.A Feldman, E. Hill, F. Prieto, M. Oyama, B.A. Coles y R.G Compton. *Analytical Chemistry*, **70**, 1707, (1998).

[2] C. Amatore, N. Da Mota, C. Lemmer, C. Pebay, C. Sella, and L. Thouin. *Analytical Chemistry*, **80**, 9483, (2008).

Ordenamiento diamagnético de los granos de electrodos de grafito para aplicaciones electroanalíticas

Presentación **Oral**

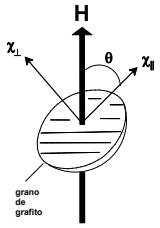
Juan Manríquez[1*], F.A. Robles-Palacios[1], R. Leal-Ávila[1], C. Coello-Mauleón[1], J. de J. Pérez-Bueno[1], G. Trejo[1], R.B. Domínguez[2]

[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C., Sanfandila, 76703, Pedro Escobedo, Qro., México. [2]SECIHTI-CIMAV, Chihuahua, México.

E-mail: jmanriquez@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El grafito exhibe una anisotropía diamagnética $\Delta\chi$ ($=\chi_{||}-\chi_{\perp}$) alta, donde $\chi_{||}$ y $\chi_{\perp}$ son las susceptibilidades magnéticas de un grano a lo largo de los ejes paralelo (-3.3×10^{-8} emu/mol) y perpendicular (-1.9×10^{-6} emu/mol), respectivamente (Esquema 1).



Esquema 1

Por tanto, el ordenamiento diamagnético $\langle m\rangle = \frac{1}{2}\langle 3\cos^2\theta - 1\rangle$ de los granos en electrodos de grafito (EG) sería promovida por una energía magnéticamente inducida U sobre el material de electrodo (en erg/gauss/grano) con base en la ecuación $U = -\frac{NH^2}{2}\left(\chi_{\perp} + \Delta\chi\cos^2\theta - 1\right)$, donde θ es el ángulo entre las líneas de campo magnético H (en gauss) y el plano del grano, y N es el contenido de carbono por grano (en mol C/grano). [1]

En esta investigación, EG fueron magnéticamente procesados con campos magnéticos de 0, 125, 250, 500, 1000, y 2000 gauss (15 min c/u), con la intención de orientar diamagnéticamente sus granos y controlar sus propiedades de transferencia electrónica (TE). Los EG así procesados fueron empleados para estudiar: (a) la cinética de TE del par $Fe(CN)_6^{3-}|Fe(CN)_6^{4-}$ en los sistemas EG, y (b) la detección de H_2O_2 acuoso usando EG modificados con azul de Prusia (sistemas EG/PB).

2. METODOLOGÍA

1.- Procesamiento magnético de los EG. 2.- Caracterización de EG magnéticamente procesados mediante SEM, goniometría de ángulo de contacto, GDS y espectroscopia Raman. 3.- Estudio del efecto del procesamiento magnético de EG sobre: (a) la cinética de TE del par $Fe(CN)_6^{3-}|Fe(CN)_6^{4-}$ en el sistema EG, y (b) la detección electroquímica de H_2O_2 acuoso empleando los sistemas EG/PB.

3. RESULTADOS

La Tabla 1 muestra los efectos del procesamiento magnético de EG sobre: (a) el ΔE_p ($=E_{pa}-E_{pc}$) voltamperométrico para el par $Fe(CN)_6^{3-}|Fe(CN)_6^{4-}$ usando los EG, donde E_{pa} y E_{pc} son los potenciales de picos anódico y catódico, respectivamente, y (b) los límites de cuantificación (LC) electroquímica de H_2O_2 acuoso empleando los EG/PB. [2]

Tabla 1. Resultados electroquímicos selectos.

H (gauss)	ΔE_p (mV)	LC (ppm)
0	225	149.10±0.08
125	175	189.19±0.15
250	75	95.29±0.13
500	100	147.28±0.14
1000	125	116.52±0.21
2000	200	185.16±0.23

4. CONCLUSIONES

El procesamiento magnético de EG a 250 gauss maximizó la cinética de TE del par $Fe(CN)_6^{3-}|Fe(CN)_6^{4-}$ (menor valor de ΔE_p) en sistemas EG, y minimizó el LC para detección de H_2O_2 empleando sistemas EG/PB.

5. REFERENCIAS

[1] H. Chichara et al., *Publ. Astron. Soc. Japan*, **50** (1998) 149. [2] M. Velický et al., *J. Phys. Chem. C*, **123** (2019) 11677.

AGRADECIMIENTOS: Al SECIHTI por financiamiento del proyecto CBF2023-2024-1729.

Estudio electroquímico interfacial, estructural y por cálculos TDDFT (ORCA) sobre la adsorción de PEG sobre Pt policristalino

Presentación **Oral**

J.C. Ballesteros[1*], A. Gallegos-Carrillo[1], G. Trejo[2]

[1]Universidad Politécnica de Lázaro Cárdenas. Carretera La Orilla-La Mira 1 56, , La Orilla, C.P. 60998, Lázaro Cárdenas, Michoacán.

[2]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ), Parque Tecnológico Querétaro S/N, Sanfandila, C. P. 76703, Pedro Escobedo, Querétaro

E-mail: jballesteros_pacheco@yahoo.com.mx

1. INTRODUCCIÓN.

El Pt juga un papel fundamental en electrocatálisis: REO, REH. Reducción de NO_X, etc. [1]. Los estudios sobre Pt policristalino revelan que la superficie presenta una heterogeneidad energética, complicando establecer correlaciones entre la estructura y propiedades electroquímicas, sin embargo, dos parámetros son fundamentes: potencial de carga zero y capacitancia de la doble capa [2], para el entendimiento de los fenómenos interfaciales a nivel fundamental y su efecto sobre las propiedades electrocatalíticas a nivel macroscópico [2-4].

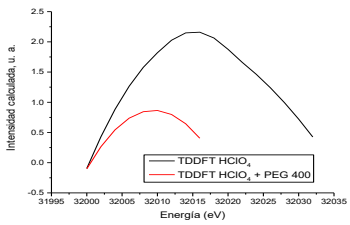
2. METODOLOGÍA

El estudio electroquímico se llevó a cabo en una celda convencional de tres electrodos. Un electrodo de Pt policristalino (Metrohm) de 3 mm de diámetro fue usado como electrodo de trabajo (WE). Previo y después de los experimentos electroquímicos el WE fue caracterizado estructuralmente por la técnica de DRX. La caracterización electroquímica fue llevada a cabo por voltamperometría cíclica diversas perturbaciones y regiones de potencial, manteniendo constante la temperatura del sistema y concentración global constantes de la solución electrolítica. Un estudio computacional de simulación usando el software ORCA fue conducido con/sin dependencia del tiempo usando DFT para el cálculo de estados excitados fue realizado para Pt policristalino usando la aproximación Tamm-Dancoff.

3. RESULTADOS

Los resultados del estudio electroquímico en ausencia de PEG revelan un PCZ de 0.35 V vs. RHE, teniendo como principales reflexiones XRD: (002) y (103). En presencia de 0.001 µM de PEG, el PCZ fue 0.21 V vs. RHE y teniendo como señales principales de DRX: (100) y (101), calculados con experimentos exsitu inmediatamente después de los experimentos electroquímicos.

Los resultados del cálculo de estados excitados TDDFT son mostrados en figura 1.



4. CONCLUSIONES

Los resultados muestran parámetros electroquímicos interfaciales correlacionados con la estructura cristalina de la superficie policristalina en presencia y ausencia de PEG. Cálculos adicionales por TDDFT, muestra estados superficiales en la superficie de Pt con y sin PEG, los cuales ha permitido el entendimiento de la interfase metal/solución

5. REFERENCIAS

[1] J.O.M. Bockris, B.E. Conway, E. Yeager, R. E. White, *Comprehensive Treatise of Electrochemistry*, Springer Nature, New York, (1981).

[2] K. T. Song, P. M. Schneider, I. Gravobac, B. Garlyyev, S. A. Watzale, A. S. Bandarenka, *ChemElectroChem*, **12**, e202400587, (2025).

[3] E. Bahena, P.F. Méndez, Y. Meas, R. Ortega, L. Salgado, G. Trejo, *Electrochimica Acta*, **49**, 989, (2004).

[4] J.C. Ballesteros, P. Díaz-Arista, Y. Meas, R. Ortega, G. Trejo, *Electrochimica Acta*, **52**, 3686, (2007).

Nanotubos de TiO_2 dopados con Ag como plataforma para la detección electroquímica de ácido ascórbico

Presentación **Oral**

M. G. Garnica-Romo[1], Z. Mora-Mora[2], L. García-González, H. E. Martínez Flores[3]
[1]Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
[2]Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
[3]Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana.
[4]Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
E-mail: 2026096g@umich.mx.

1. INTRODUCCIÓN.

Los nanotubos de TiO_2 constituyen una plataforma prometedora para el desarrollo de sensores electroquímicos debido a su elevada estabilidad química, estructura ordenada y facilidad de modificación superficial. En particular, el dopaje con Ag modifica las propiedades superficiales del material y puede mejorar la transferencia de carga [1]. Entre los analitos de interés, el ácido ascórbico destaca por su importancia en alimentos, bebidas y formulaciones farmacéuticas, lo que hace necesaria su determinación mediante métodos rápidos y confiables. En este trabajo se evaluaron nanotubos de TiO_2 dopados con Ag obtenidos por anodización electroquímica como plataforma para la detección electroquímica de ácido ascórbico, relacionando sus características estructurales y superficiales con su desempeño electroquímico.

2. METODOLOGÍA

Los nanotubos de TiO_2 dopados con plata se sintetizaron mediante anodización electroquímica en una sola etapa sobre sustratos de titanio. La morfología y la distribución elemental se caracterizaron mediante microscopía electrónica de barrido acoplada con espectroscopía de dispersión de energía de rayos X (SEM-EDS). La composición química superficial se analizó por espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS). El comportamiento electroquímico tanto de nanotubos con y sin dopaje se evaluó mediante espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) y voltametría cíclica (CV), con el fin de analizar la transferencia de carga, el área electroactiva y la respuesta hacia la oxidación de ácido ascórbico.

3. RESULTADOS

Los análisis por SEM-EDS revelaron la formación de arreglos nanotubulares altamente ordenados y confirmaron la incorporación y distribución homogénea de la plata en la superficie del material. Por su parte, los espectros XPS evidenciaron la presencia de Ti, O y Ag, identificando especies de plata en estado metálico y oxidado, lo que confirmó la modificación química superficial del electrodo. En comparación con los nanotubos de TiO_2 sin dopar, los electrodos modificados presentaron una disminución cercana al 44 % en la resistencia a la transferencia de carga y un incremento en el área electroactiva del 52 % aproximadamente. Estas mejoras se reflejaron en una mayor respuesta de electrooxidación del ácido ascórbico, respaldando el efecto favorable del dopaje con plata sobre el desempeño electroquímico del electrodo sintetizado.

4. CONCLUSIONES

Los nanotubos de TiO_2 dopados con Ag mostraron una menor resistencia a la transferencia de carga y una mayor área electroquímicamente activa, lo que se reflejó en una respuesta electroquímica mejorada hacia el ácido ascórbico.

5. REFERENCIAS

[1] M. G. Garnica-Romo, Z. Mora-Mora, J. J. Alvarado-Gil and H. E. Martínez-Flores, Electrochemical nanosensor based on Ag-doped TiO_2 nanotubes for detecting ascorbic acid, *International Journal of Electrochemical Science,* **19**, 100481, (2024), https://doi.org/10.1016/j.ijoes.2024.100481.

Desarrollo de un Biosensor Modificado con Glucosa Oxidasa para el Monitoreo Dual de H_2O_2 Catódico y Anódico

Presentación **Oral**

Francisco Hernández-Ramírez[1], Gabriela Valdés Ramírez[1], Laura Galicia[1*]

[1]Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Depto. de Química, Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Secc. Iztapalapa, C.P. 09340 Ciudad de México, CDMX.

E-mail: j.fco_96@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La detección de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) es de gran interés debido a su impacto ambiental, clínico e industrial. A bajas concentraciones, se emplea en productos médicos y cosméticos [1-2], mientras que en mayores proporciones se utiliza en la industria papelera y de combustibles [3-4].

Por lo tanto, cuantificar sus niveles es crucial. Aunque existen técnicas analíticas muy precisas como la espectrometría, el HPLC y la cromatografía de masas [5-7], sin embargo, requieren tiempos prologados de análisis, costos elevados, y requieren personal capacitado.

Los biosensores electroquímicos surgen como una excelente alternativa. Estos dispositivos acoplan un elemento biológico (enzima) a un transductor para medir concentraciones de forma rápida, económica y con excelentes límites de detección, sin requerir preparación de la muestra [8-10]. Para la detección de H_2O_2, se emplean comúnmente enzimas peroxidasas (PODs), ya que catalizan eficientemente la oxidación de fenoles y aminas utilizando el peróxido [11].

.

2. METODOLOGÍA

Todos los experimentos se realizaron a 25 °C empleando un buffer de fosfatos 50 mM ajustado a un pH de 7.4 (SAF). Para preparar la superficie del electrodo de carbón vítreo (ECV) se pulió con alúmina (0.5 µm), se sometió a limpieza por ultrasonido y se secó con flujo de nitrógeno. El ensamble del biosensor se llevó a cabo por deposición secuencial; primero, se colocaron 15 µL de una dispersión de nanotubos de carbono (MWCNT) sobre el ECV, secando el electrodo a 60°C por 10 minutos. Sobre esta primera capa, se añadieron 5 µL de la solución enzimática de glucosa oxidasa (GOx) y se dejó secar a 33 °C durante 40 minutos para estabilizar la superficie modificada del electrodo.

3. RESULTADOS

Una característica a destacar del biosensor ECV/MWCNT/GOx es su dualidad operativa; esto significa que nos permite cuantificar el H_2O_2 a través de dos vías electroquímicas distintas: reducción y oxidación. Para demostrar y comparar esta capacidad, se realizaron curvas de calibración y se evaluaron las respuestas de la corriente frente a diferentes concentraciones del analito, tal como se muestra en la Figura 1.

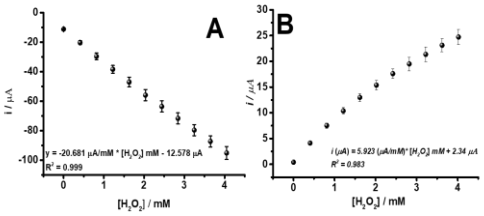


Figura 1. Curva de calibración para la detección de A) reducción de H_2O_2 y B) oxidación de H_2O_2 para el biosensor ECV/MWCNT/GOx en SAF en intervalo de concentración de 0 a 4 mM.

4. CONCLUSIONES

El biosensor diseñado ECV/MWCNT/GOx es capaz de operar en sentido de reducción y oxidación del H_2O_2 en el intervalo de concentración de 0.4 a 4 mM con una sensibilidad de -20.68 ± 0.67 y 5.93 ± 0.26 respectivamente.

5. REFERENCIAS

[1] K. J. Davies, *Biochemical Society Symposia*, 61, 1, (1995).

Electrodos de pasta de carbono modificados con hidróxidos dobles laminares MgAl y NiAl y su uso para la determinación de ácido úrico

Presentación **Oral**

G Gallegos Ortega[1], IS Ibarra Ortega[1], D Aurelio Soria[1], G Islas Guerrero[1,2], GA Álvarez Romero[1*]

[1]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. AAQ. Carretera Pach-Tul. Km. 4.5, Mineral de la Reforma, Hidalgo. México. C.P. 42076. Tel: +52 (771) 717 2000.

[2]Ingenieria Agroindustrial, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Domicilio Conocido SN, Tepatepec 42660, Hidalgo, Mexico

E-mail: giaan@uaeh.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El ácido úrico (AU) es un biomarcador de relevancia clínica asociado con enfermedades cardiovasculares, preeclampsia, estrés oxidativo y diversos procesos neoplásicos. Su determinación oportuna resulta fundamental para el monitoreo y control de estas patologías [1]. En este contexto, los sensores electroquímicos representan una alternativa atractiva debido a su alta sensibilidad, rapidez y bajo costo. El empleo de hidróxidos dobles laminares (LDH) como modificadores de electrodos favorece la adsorción selectiva de analitos mediante procesos de intercambio iónico, incrementando el desempeño analítico del sistema [2]. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un electrodo de pasta de carbono modificado con LDH para la determinación electroquímica de ácido úrico.

2. METODOLOGÍA

Se prepararon seis electrodos modificados con diferentes composiciones de (Mg-Al y Ni-Al) y distintos aniones de intercapa (NO_3^-, $Fe(CN)_6^{3-}$, $S_2O_8^{2-}$ y Cl^-), utilizando un electrodo de pasta de carbono (EPC) sin modificar como control. Los electrodos fueron sometidos a una etapa de preconcentración durante 10 min en soluciones de AU preparadas en buffer de fosfatos 0.1 M (pH 7.42), seguida de estudios de voltamperometría cíclica empleando una celda de tres electrodos (Ag|AgCl como referencia y una barra de grafito como contraelectrodo), en una ventana de potencial de -0.4 a 1.0 V, a 100 mV s^{-1}. Posteriormente, el material con mayor respuesta fue optimizado evaluando relaciones molares Mg:Al de 1:1 a 5:1 y, finalmente, su respuesta analítica a diferentes concentraciones de AU fue estudiada usando técnicas voltamperométricas.

3. RESULTADOS

Los estudios voltamperométricos evidenciaron la oxidación del AU en los electrodos MgAl-NO_3, MgAl-$S_2O_8^{2-}$ y MgAl-Cl^-. El electrodo MgAl-NO_3 presentó la mayor intensidad de corriente, por lo que fue seleccionado para su optimización. La relación molar Mg:Al de 3:1 mostró el mejor desempeño electroquímico. Bajo estas condiciones, la corriente de oxidación aumentó linealmente con la concentración de AU entre 0.05 y 0.75 mM, obteniéndose un coeficiente de correlación (R^2) de 0.9966. Estos resultados evidencian una elevada sensibilidad y una eficiente preconcentración del analito mediante intercambio iónico.

4. CONCLUSIONES

El electrodo EPC-LDHMgAl-NO_3 con relación molar 3:1 demostró ser un sistema electroquímico eficiente para la determinación de ácido úrico, al presentar una respuesta lineal y sensible en el intervalo evaluado. Su capacidad de intercambio iónico favorece la acumulación del analito y mejora la señal voltamperométrica, constituyendo una alternativa prometedora para el desarrollo de sensores electroquímicos destinados a la cuantificación de dicho biomarcador.

5. REFERENCIAS

[1] A. Moutcine, H. Belkhanchi, S. El Bahraoui, Y. Ziat, C. Laghlimi, Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 253, 116536, (2025).

[2] S. Aafria, P. Kumari, S. Sharma, S. Yadav, B. Batra, J. S. Rana, M. Sharma, Microchemical Journal,

Uso de MIPs y RNA en el desarrollo de una metodología electroanalítica para la cuantificación simultánea de AINEs

Presentación **Oral**

M. Franco Guzmán[1,2], A. Villagran Manilla[2], C. A. Galán Vidal[2], I. S. Ibarra Ortega[2], M. del Valle Zafra[3], M. A. Romero Romo[1*], G. A. Álvarez Romero[2*]

[1] Universidad Autónoma Metropolitana, Av. San Pablo, 420, Col. Nueva El Rosario, Alcaldía Azcapotzalco, C.P. 02128, CDMX.

[2] Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hgo. C.P. 42184.

[3] Universidad Autónoma de Barcelona, Plaza Cívica, 08193 Bellaterra, Barcelona, España.

E-mail: giaan@uaeh.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la presencia de fármacos antiinflamatorios (AINEs) en los cuerpos de agua dulce constituye una problemática ambiental [1, 2]. Por ello, se está trabajando en el desarrollo de metodologías que permitan cuantificarlos de forma precisa y rápida. En este trabajo se presenta el desarrollo de una metodología voltamperométrica altamente selectiva y eficiente para cuantificar AINEs haciendo uso de un polímero de impresión molecular decorado con óxido de grafeno (MIP/GO) y una Red Neuronal Artificial (RNA).

2. METODOLOGÍA

Se evaluó el comportamiento de diclofenaco (DCL), ibuprofeno (IBP) y paracetamol (PRC) mediante voltamperometría de onda cuadrada (VOC). Para su determinación, se implementó un electrodo de pasta de carbono (EPC) modificado con un MIP/GO, cuya composición se optimizó mediante un diseño simplex lattice. También se planteó el uso de optimizaciones univariables para evaluar el % de MIP, el tiempo de contacto, la velocidad de agitación y el pH del electrolito soporte. Finalmente se planteó un diseño Box-Behnken para optimizar las variables asociadas a la VOC.

3. RESULTADOS

Se identificaron los potenciales de oxidación asociados a cada analito, como se muestra en la **Figura 1**. Mediante el análisis estadístico se comprobó que la combinación óptima para la síntesis del MIP utiliza 1% GO, 6.64 mmol de monómero funcional (4-VP) y 17.88 mmol de entrecruzante (EGDMA). En lo que respecta a las optimizaciones univariables, se determinó que 15% de MIP, 10 min de contacto, 250 rpm y pH 6, son los parámetros que maximizan la señal electroanalítica. Por último, el paso de potencial, la amplitud de pulso y la frecuencia de la VOC obtenidos como óptimos fueron 4 mV, 80 mV y 10 Hz, respectivamente.

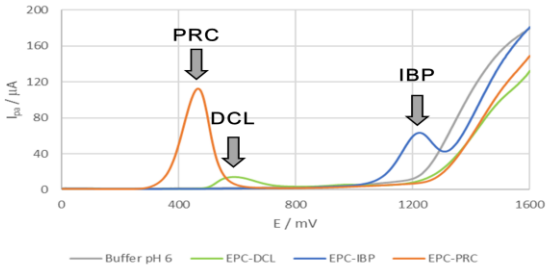


Figura 1. VOC en tres sistemas con DCL, IBP y PRC 1 mM en buffer de acetatos 0.1 M con pH 6, empleando un EPC vs un electrodo de Ag/AgCl (sat).

4. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos hasta el momento, se concluye que es posible utilizar este tipo de metodologías para la detección y determinación multicomponente de DCL, PRC e IBP ya que al incorporar el MIP al sensor se registran mayores corrientes analíticas. Sin embargo, se implementará el uso de una RNA para mejorar los parámetros del IBP.

5. REFERENCIAS

[1] O. M. Rodriguez, J. M.Peralta, A. Goonetilleke, & E. R. Bandala. *Chemical Engineering Journal*, 323, 361, (2017).

[2] J. Y. Lin, Y. Zhang, Y. Bian, Y. X. Zhang, R. Du, ... & X. S. Feng. *Science of The Total Environment*, 904, 166897, (2023).

Grafeno inducido por láser derivado de películas de ácido poli láctico - lignina para la detección electroquímica de Bisfenol A.

Presentación **Oral**.

L. A. Barraza Quintana[1], R.B. Domínguez Cruz[2], E. Aparicio Martínez [2*]
[1] TNM-Chihuahua, Av. Tecnológico 2909, C.P. 31200, Chihuahua, CHIH México
[2]SECIHTI-CIMAV S.C. Miguel de Cervantes 120, C.P. 31136, Chihuahua, México
E-mail: eider.aparicio@cimav.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN.

La lignina, subproducto mayoritario de la industria papelera y de pulpa de celulosa, es generada principalmente durante los procesos de obtención de papel y es ampliamente subutilizada, representa una fuente renovable atractiva para la obtención de materiales de base carbono bajo un enfoque de economía circular [1]. Su incorporación en matrices de ácido poliláctico (PLA), un biopolímero biobasado y biodegradable, permite desarrollar películas compuestas con potencial funcional. Además de actuar como aditivo o refuerzo, la lignina puede favorecer la formación de estructuras carbonosas mediante tratamiento láser, generando superficies conductoras útiles para aplicaciones electroquímicas. Anteriormente, se ha demostrado que materiales lignocelulósicos, como la madera, pueden generar grafeno inducido por láser (LIG) [3], Por lo que, en este trabajo se propone el desarrollo de películas de PLA/lignina modificadas por láser para la obtención de LIG y su evaluación en la detección electroquímica de bisfenol A.

2. METODOLOGÍA

Se obtuvieron las películas mediante mezcla en solución de lignina Kraft y PLA, se obtuvo LIG por tratamiento láser, que se caracterizó mediante Resistencia eléctrica, SEM, EDS, RAMAN, EIS, VC y además se utilizó en la detección de Bisfenol A mediante DPV.

3. RESULTADOS

Para optimizar los parámetros del tratamiento láser se midió la resistencia eléctrica del material obtenido, consiguiendo una resistencia de hasta 27 Ω. La morfología generada es rugosa y altamente porosa observada en SEM, estos cambios nos indican que se realizó una modificación localizada generando una fase conductora. Los análisis de FTIR y EDS confirman que el tratamiento con láser generó cambios químicos en la película. Hubo pérdida de grupos funcionales oxigenados y un incremento del contenido de carbono hasta 78.8 %p. Finalmente, las mediciones electroquímicas mostraron actividad electroactiva favorable. Y en la DPV, se observó una señal de oxidación creciente con el incremento en la concentración del Bisfenol A. La curva e calibración mostró una respuesta lineal de 100 a 700 uM. Por tanto, el LIG obtenido tiene potencial para la detección electroquímica de Bisfenol A.

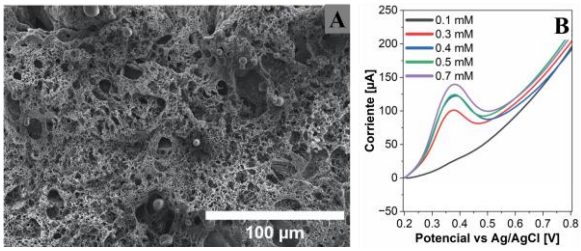


Figura 1. Morfología de LIG generado A) y detección de Bisfenol A mediante DPV B).

4. CONCLUSIONES

Se demostró que las películas de PLA- lignina pueden generar LIG mediante tratamiento por láser. Además, se demostró la capacidad del material obtenido para oxidar el Bisfenol A, con un comportamiento lineal. Lo que demuestra su potencial como una alternativa sostenible para la detección electroquímica de contaminantes.

5. REFERENCIAS

[1] Ragauskas AJ, Beckham GT, Biddy MJ, Chandra R, Chen F, Davis MF, et. al. Science. 344 (2014).

[2] Ye, R., Chyan, Y., Zhang, J., Li, Y., Han, X., Kittrell, C., & Tour, J. M. (2017). *Advanced Materials*, *29*(37),

Estudios en electrodos fabricados a partir de un estirador laser de pipetas hacia la escala nanométrica

Presentación **Oral**
De Avila-Cardena., Alexi.[1], Alpuche-Aviles, Mario A.[1*]
[1]Department of Chemistry, University of Nevada, Reno, Nevada, EE. UU.
E-mail: malpuche@unr.edu

1. INTRODUCCIÓN

Los electrodos de diámetros menores a un micrómetro, también denominados nanoelectrodos son de interés en varias aplicaciones electroquímicas, Para fabricarlos se usa un estirador láser de manera análoga a la preparación de nano- o micro- pipetas. Aunque en principio es posible sellar un alambre en la escala de nanómetros, en práctica, los reportes de electrodos con geometría de disco embebido favorecen el uso de un "laser puller", es decir, un estirado laser de pipetas [1,2]. . En esta plática, presentaremos nuestra experiencia en la fabricación de electrodos con corrientes de estado estacionario que muestran que estos electrodos tienen superficies activas con diámetros en el orden de decenas a cientos de naómetros. Nuestro método parte de un alambre de platino de 25 micrómetros de diámetro que en el estirador se reduce a nanómetros. El tamaño más pequeño ha sido de aproximadamente 8 nanómetros. Los resultados demuestran corriente en la escala de picoamperios. Obtener una imagen de la superficie del nanoelectrodo de platino de pequeñas dimensiones, embebido en un material aislante requiere técnicas especializadas y microscopios de alta resolución, por ejemplo, mediante un microscopio electrónico de barrido (SEM, por sus siglas en inglés). Esos y otros retos que se presentan al trabajar a esta escala serán abordados en esta plática, así como una comparación con otras metodologías en la preparación de estos electrodos.

2. METODOLOGÍA

Se usó un Laser Puller P-2000 de Sutter Instruments para hacer micropipetas hechas con capilares de vidrio de borosilicato. Un alambre de 25 micrómetros de platino (Goodfellow) es colocado manualmente adentro del capilar. El capilar se prepare según se ha reportado la referencia [1]. Se expone la superficie del platino y, como último paso, el electrodo se completa haciendo una conexión con un alambre. Usamos una mezcla de epoxi de plata para reforzar la conexión. Se probó la funcionalidad del electrodo con voltametría cíclica en una solución 1 mM ferroceno metanol (FeOH) con un electrolito soporte de 0.1 M potasio nitrato (KNO_3).

3. RESULTADOS

Utilizamos voltametría de barrido lineal (LSV) y cíclica para demostrar que la corriente llega a un estado-estacionario. Usando la ecuación de la corriente en estado-estacionario y limitada por difusión [2] y la corriente obtenida experimentalmente, podemos determinar el diámetro de la corriente electroactiva. En general, hemos logrado llegar a una superficie de platino con diámetros de 600 nanómetros o menos.

4. CONCLUSIONES

Reportamos los resultados de técnicas electroanalíticas y las limitaciones que hemos aboradado para la preparación do para la preparación y caracterización de nanoelectrodos hechos con una máquina laser para estirar pipetas (Laser-Puller). El futuro de este trabajo es en aplicaciones y estudios de nano-electroquímica.

5. REFERENCIAS

Libros
[1] C. G. Zoski, *Handbook of Electrochemistry*, p. 199-211, Elsevier, Ámsterdan, Netherlands, (2007).

[2] A. J. Bard, L. R. Faulkner, *Electrochemical Methods Fundamentals and Applications*, p. 174, Wiley, Nueva Jersey, Estados Unidos, (2001).

División 1

Electroquímica Analítica (EA)

Trabajos Carteles

Evaluación de parámetros electroquímicos para la desorción del gas H_2S de N-metildietanolamina utilizada en el tratamiento de gas natural

Presentación **Poster**

T. J. Hernández Castillo[1], G. Lugo Islas[1*], E. Gallardo Castán[1], A. E. Galicia Badillo[1]
[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Campus Poza Rica-Tuxpan.
Av. Venustiano Carranza S/N, Col. Revolución. Poza Rica Veracruz, México CP. 93390.
[*]E-mail: glugo@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

El gas natural contiene, además de hidrocarburos, agua, sulfuro de hidrógeno (H2S) y dióxido de carbono (CO2), considerados como impurezas que disminuyen el poder calorífico del gas y son causantes de corrosión [1, 2]. La alcanolamina es regenerada por un proceso térmico donde existe degradación del solvente y formación de sales termoestables, reduciendo la vida útil del solvente, además de requerirse grandes cantidades de energía [2]. La alcanolamina analizada es la N-metildietanolamina (MDEA) contaminada con H_2S. El H_2S es una especie electroactiva [3] por lo que la técnica de voltamperometría cíclica permite evaluar su factibilidad de regenerar la MDEA contaminada con H_2S mediante un proceso electroquímico a bajas temperaturas, eliminando los problemas por el proceso térmico. Así mismo, el análisis del efecto de la temperatura permite estimar la energía de activación del proceso de oxidación electroquímica.

2. METODOLOGÍA

Se utilizó una muestra de N-metildietanolamina (MDEA) contaminada con H_2S obtenida de una planta tratadora de gas natural. Se montó una celda de vidrio cerrada de tres electrodos, los electrodos de trabajo, auxiliar y de referencia son de platino, grafito y Ag/AgCl, respectivamente. Los ensayos se realizaron utilizando un baño maría a temperaturas de 30 °C a 60 °C, utilizando un potenciostato BioLogic SP-150 para realizar las voltamperometrias.

3. RESULTADOS

En los voltamogramas de MDEA a diferentes temperaturas se identificó un incremento en la intensidad de corriente a medida que aumenta la temperatura, observándose a 60 °C un desplazamiento del pico a un potencial menos positivo, lo que indica que la cinética se ve favorecida a esa temperatura y se define con mejor visibilidad este pico (Figura 1). En todo el rango de temperaturas se encuentra que el sistema permanece irreversible o cuasi reversible.

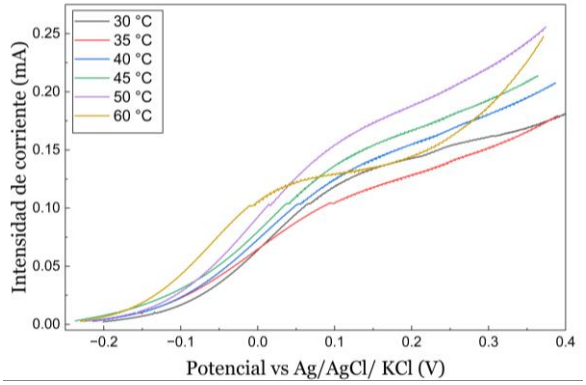


Figura 1. Voltamogramas de MDEA con H_2S a distintas temperaturas y a 50 mV s^{-1} (región anódica).

4. CONCLUSIONES

Se estimó que la energía de activación tiene un valor de 15.65 kJ/mol para la oxidación electroquímica de sulfuros. Se concluye que es posible realizar la regeneración de la MDEA siendo a 60 °C la temperatura sugerida, para ello deberá implementarse una celda de membranas de intercambio iónico que permita separar la especie sulfuro de la amina y obtener una amina regenerada.

5. REFERENCIAS

[1] Campbell, J. M., & Maddox, R. N. B. J. M. C. *Gas conditioning and processing*. Campbell Petroleum Series. (1970).
[2] Durrani, M., Haija, M. A., Vengatesan, M. R., Zain, J., Alhseinat, E., & Banat, F. Removal of heat stable salts from aqueous MDEA solution via electrosorption using carbon-based electrodes. *International Journal Of Greenhouse Gas Control*, **85**, 166-173. (2019).
[3] Miller B., Chen A., Effect of concentration and temperature on electrochemical oscillations during sulfide oxidation on $Ti/Ta_2O_5–IrO_2$ electrodes, *Electrochimica Acta*, **50**, Issue 11. (2005).

Determinación simultánea de acetaminofén y diclofenaco mediante un EPC modificado con Au–Q en DES.

Presentación **Poster**

S. E. Luna-Torres[1], S. Corona-Avendaño[2], A. Rojas-Hernández[1], M. Palomar-Pardavé[2], M. T. Ramírez-Silva[3], D. S. Guzmán-Hernández[1*],

[1]Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Departamento de Química, Av. San Rafael Atlixco #186, Leyes de Reforma 1ª Secc. Iztapalapa, CP 09340, Ciudad de México, México.

[2]Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo #180, Col. Reynosa-Tamaulipas, Ciudad de México, México.

[3]Sistema Nacional de Investigadores.

*E-mail:dsguzman@xanum.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los fármacos antiinflamatorios no esteroideos, como el paracetamol (ACT) y el diclofenaco (DI), se utilizan ampliamente debido a su disponibilidad y bajo costo. Su alto consumo e impacto ambiental han impulsado el desarrollo de métodos analíticos para su determinación en medios acuosos [1]. En este contexto, los sensores electroquímicos han surgido como herramientas eficaces para el monitoreo de contaminantes emergentes en entornos acuosos [2]. Otros trabajos [3], demuestran que es posible modificar la superficie de un electrodo usando solventes eutécticos profundos. Siguiendo este enfoque, este trabajo presenta el desarrollo de un sensor electroquímico basado en un CPE modificado in situ con partículas de oro (Au) y quitosano (Q) utilizando el disolvente eutéctico profundo reline (DES-reline).

2. METODOLOGÍA

Se utilizó un potenciostato Epsilon con una celda electroquímica de tres electrodos: electrodo de pasta de carbono (EPC) como electrodo de trabajo, un alambre de platino como contra electrodos y un electrodo de referencia $Ag/AgCl_{sat}$ para soluciones acuosas y un electrodo de pseudo referencia para soluciones no acuosas.

3. RESULTADOS

Se observó que la modificación de la superficie del EPC con oro y quitosano produce cambios significativos en la respuesta electroquímica de ACT. En particular, el EPC-Au-Q muestra un desplazamiento en los potenciales de pico anódico y un aumento en la corriente de pico anódico.

La comparación de parámetros de desempeño analítico obtenidos con EPC, EPC-Au y EPC-A-Q, muestran una mejora en la sensibilidad utilizando el EPC-Au-Q.

Tabla 1. Parámetros de desempeño analítico para la cuantificación de ACT.

Electrodo	Sensibilidad $\mu A.\ \mu M^{-1}$	LD µM	LC µM
EPC	(0.0592 ± 0.0016)	(2.7 ± 1.4)	(9.1 ± 1.3)
EPC-Au	(1.563 ± 0.034)	(2.3 ± 1.1)	(6.3 ± 1.1)
EPC-Au-Q	(2.753 ± 0.069)	(2.4 ± 1.2)	(3.6 ± 1.1)

La determinación simultanea de ACT y DI presenta mejora sobre el EPC-Au-Q (ver figura 1).

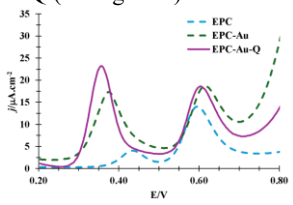


Figura 1. Comparación de VDP de ACT en presencia de DCF 256 µM en buffer de fosfato 0.1 M a pH=7 utilizando EPC (línea azul), CPE-Au (línea verde) y CPE-Au-Q (línea púrpura continua).

4. CONCLUSIONES

Los resultados preliminares indican que el electrodo EPC-Au-Q hace posible la cuantificación simultánea de ACT y DI, mostrando un aumento significativo en la intensidad de corriente en comparación con el EPC y el EPC-Au.

5. REFERENCIAS

[1] K. Swiaka, A. Michnowska, J. Maculewicz, M. Caban. K. Smolarz. Environment Pollution, (2020), 273, 115891.

[2] D.S. Guzmán-Hernández, M.A. Martínez-Cruz, M.T. Ramírez-Silva, M. Romero-Romo, S. Corona-Avendaño, L.H. Mendoza-Huizar, M. Palomar-Pardavé. Anal. Methods, (2016), 8, 7868.

[3] E. Godoy-Colin, S. Corona-Avendaño, M. T. Ramirez-Silva, J. Aldana-Gonzalez, G. Vazquez-Huerta, D. Ángeles-Beltrán, M. Palomar-Pardavé, Journal of The Electrochemical Society, (2022), 169(9), 092506.

Electrodos modificados con hidróxidos dobles laminares (LDHs) base Cu^{2+} para la detección electroquímica de creatinina

Presentación **Poster**

M.C Torres Pedroza[1], B España Sánchez[2], N Arjona[1*]

[1]Afiliación 1. Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C., Complejo industrial Chihuahua, Chihuahua, C.P. 31136, México.

[2]Afiliación 2. Institute of Advanced Materials for Sustainable Manufacturing, Tecnológico de Monterrey

E-mail: carmentp205@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La enfermedad renal crónica (ERC) representa un serio problema de salud pública. La concentración de creatinina en fluidos corporales es un marcador clave para el diagnóstico y monitoreo de ERC, por lo que se detección es fundamental, sin embargo, los métodos de laboratorio para su detección presentan limitaciones como escasa selectividad y alto costo. Por tal, las técnicas electroquímicas son una técnica viable ya que permiten un análisis rápido, accesible y sensible [1]. La incorporación de nanomateriales, particularmente los LDHs, ha demostrado mejorar notablemente el desempeño de los sensores electroquímicos, al aportar alta área superficial y buena estabilidad. En este trabajo se presenta el uso de LDHs como plataforma activa para la detección electroquímica de creatinina, con el objetivo de desarrollar un sensor eficiente, sensible y selectivo.

2. METODOLOGÍA

La síntesis de LDHs se realizó mediante el método de coprecipitación. Se prepararon tintas catalíticas para la incorporación de los LDHs al electrodo de trabajo. La caracterización de los LDHs sintetizados se realizó mediante XRD, TEM y FTIR. Adicionalmente se validó la detección de creatinina utilizando voltamperometría cíclica usando como electrolito buffer de fosfatos ph 7.4

.

3. RESULTADOS

Se obtuvieron LDHs base Cu^{2+}, mediante FTIR se confirmó la presencia de grupos hidroxilo a 3420 cm^{-1}, y se encontraron las bandas de Cu–O y M–O en 495 cm^{-1} y 808 cm^{-1}. La morfología laminar se confirmó con TEM. Con voltamperometría cíclica se observó un incremento en corriente pico de oxidación lo cual se atribuye a la detección electroquímica de complejo cobre-creatinina como se observa en la Figura 1. Adicionalmente el electrodo modificado mostro buena selectividad y repetibilidad.

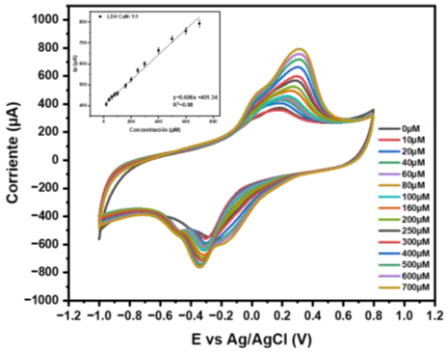


Figura 1. Detección electroquímica del complejo cobre creatinina mediante CV.

4. CONCLUSIONES

Se logró la síntesis de LDHs base Cu2+ y su incorporación al electrodo de trabajo. La detección del complejo cobre-creatinina se evaluó mediante VC, donde se obtuvo una respuesta lineal con un R^2 de 0.98, el electrodo mostró alta reproducibilidad y selectividad. Estos resultados sugieren que el uso de LDHs base Cu2+ es una estrategia prometedora para mejorar la detección electroquímica de creatinina.

5. REFERENCIAS

[1] C. L. Gonzalez-Gallardo, N. Arjona, L. Álvarez Contreras, and M. Guerra-Balcázar, "Electrochemical creatinine detection for advanced point-of-care sensing devices: a review," Oct. 27, 2022, *Royal Society of Chemistry*. doi: 10.1039/d2ra04479j.

Cuantificación de cobre vía electrocromismo inalámbrico

Presentación **Poster**

AJ García Durán[1], S Gutiérrez Granados[1], G Salinas[2]

[1]Dep. de Química, Div. de Ciencias Naturales y Exactas, Univ. de Guanajuato, Pueblito de Rocha s/n, Guanajuato 36040, México.

[2]Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, ISM UMR 5255, Pessac 33607, France

E-mail: adj.garciaduran@ugto.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las propiedades electrocrómicas de los polímeros conductores son una interesante alternativa como respuesta óptica de reacciones redox inducidas por medio de electroquímica bipolar. Este método permite producir reacciones redox en objetos conductores (electrodos bipolares) sin conexión eléctrica directa, en presencia de un campo eléctrico externo. [1] En este trabajo se diseñó un electrodo bipolar compuesto por polianilina (PANI) en ITO como material electrocrómico, y una barra de grafito, como material de análisis para el monitoreo inalámbrico de Cu^{2+} en disolución.

2. METODOLOGÍA

La electropolimerización de anilina realizó sobre un electrodo de ITO en H_2SO_4 mediante voltamperometría cíclica. El electrodo bipolar se construyó conectando el electrodo ITO/PANI a un electrodo de grafito. Se utilizó una celda bipolar cerrada de dos compartimentos, donde el extremo anódico del electrodo bipolar (ITO/PANI) se sumergió en H_2SO_4 y el extremo catódico (grafito) en una disolución de H_2SO_4 con o sin $CuSO_4$. La diferencia de voltaje inalámbrica se generó entre dos electrodos de alimentación de grafito conectados a una fuente de alimentación. La respuesta electrocrómica se registró mediante fotografías obtenidas con un teléfono móvil y se analizó con el software ImageJ.

3. RESULTADOS

Se optimizaron las condiciones de electropolimerización para obtener películas de PANI con transiciones de coloración evidentes. Inicialmente, se estudiaron los cambios electrocrómicos asociados a la oxidación de PANI acoplados a la reducción del medio (H_2SO_4) aplicando potenciales externos entre 0.5 V y 4 V. En estas condiciones, la película presentó una transición gradual de distintos matices de verde hasta azul marino, alcanzando la transición completa a valores de potencial mayores a 3.3 V. En presencia de Cu^{2+}, el potencial mínimo de la transición electrocrómica disminuye 0.4 V, y se observaron menos tonalidades intermedias. Este cambio en el comportamiento del electrodo es asociado al menor potencial termodinámico necesario para reducir el Cu^{2+} en el electrodo de grafito. Con base en ese comportamiento, se evaluó le influencia de la concentración de cobre a potencial constante (3.1 V). En la Figura 1a se puede observar una transición de verde a azul dependiente de la concentración, mientras que el brillo promedio normalizado presenta un rango lineal en un rango de concentración de 0.2 mM a 1.0 mM (Figura 1b).

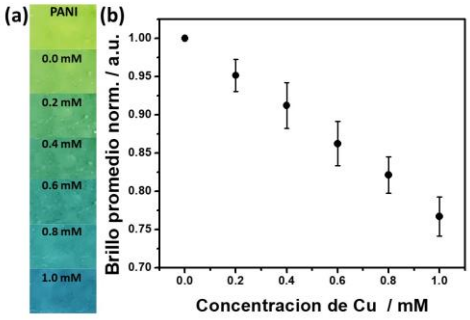


Figura 1. (a) Imágenes PANI a diferentes concentraciones de Cu^{2+} (indicado en la figura). (b) brillo promedio normalizado en función de la concentración de Cu^{2+}.

4. CONCLUSIONES

Se estudió la respuesta electrocrómica de un electrodo bipolar ITO/PANI/grafito. La presencia de Cu^{2+} modificó el potencial de la transición electrocrómica y mostró una dependencia lineal con la concentración de Cu^{2+}. Esto evidencia el potencial del sistema para la posible cuantificación de Cu^{2+} en bebidas alcohólicas, por ejemplo, tequila o Mezcal.

5. REFERENCIAS

[1] G. Salinas, S. Arnaboldi, L. Bouffier, A. Kuhn, ChemElectroChem, 9, e202101234, (2022).

Mini-electrodos de pasta de carbono desechables para la determinación de paroxetina y el monitoreo de su extracción con HDES

Poster

A. Ríos Maravilla[1], A. Rojas Hernández[2], I. Aldana González[1]

[1] Departamento de Ciencias Básicas, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, Av. San Pablo No. 420, Col. Nueva el Rosario, C.P. 02128, Alcaldía Azcapotzalco, Ciudad de México, México.

[2] Departamento de Química, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, C.P. 09340, Iztapalapa, Ciudad de México, México.

E-mail: angelicariosmar@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La paroxetina es un antidepresivo y contaminante emergente en efluentes acuosos. Su determinación mediante electrodos convencionales de pasta de carbono (CPE) presenta el desafío del ensuciamiento superficial (fouling) y efecto memoria por adsorción acumulativa, afectando drásticamente la reproducibilidad. Este trabajo reporta el diseño de mini-electrodos de pasta de carbono desechables fabricados por lotes para eliminar la contaminación por arrastre en la cuantificación de paroxetina mediante voltamperometría de pulso diferencial (DPV) y el monitoreo de su extracción líquido-líquido con solventes eutécticos profundos hidrofóbicos (HDES).

2. METODOLOGÍA

La pasta de carbono se preparó con grafito y aceite mineral (70:30 % p/p). Se fabricaron por lotes mini-cartuchos plásticos (PETG) desechables (8 electrodos de un lote de pasta de 1 g) para asegurar la misma geometría de contacto y una superficie libre de arrastre en cada corrida. El electrodo se caracterizó en $[Fe(CN)_6]^{3-/4-}$ en KCl 0.1M por voltamperometría cíclica (CV) a 10-500 mV/s (ecuación de Randles-Sevcik) [1]. La cuantificación se realizó en buffer de acetatos (0.1 M, pH 4.79) por DPV (E_i = 0.4 V, E_v = 1.1 V vs. Ag/AgCl, PH = 50mV, I_{Range} = 10µA). Se monitoreó la extracción de paroxetina con un HDES de ácido láurico y mentol (2:1) a pH 4.9 y 11.9.

3. RESULTADOS

La CV en ferro/ferri confirmó un proceso controlado por difusión, determinando un área electroactiva de 0.095 cm^2. El uso del mini-CPE desechable y el lavado del exterior del cartucho con alcohol eliminaron al 100% el pico de paroxetina en el blanco. La curva de calibración en DPV mostró linealidad excelente de 1.0 a 12.0 ppm con una sensibilidad de +0.33 µA/ppm ($R^2 \approx 0.998$), alcanzando la meseta de saturación de Langmuir por encima de este rango. En los ensayos de extracción con HDES, la DPV de las fases acuosas remanentes reveló que a pH 11.9 se favorece drásticamente la extracción de paroxetina hacia la fase orgánica en comparación con pH 4.9 [2], debido a la desprotonación del analito (pKa ≈ 9.77) y la conversión del ácido láurico del HDES en laurato (tensoactivo activo in situ), alcanzando eficiencias de extracción superiores al 90%.

4. CONCLUSIONES

El sistema de mini-electrodos desechables fabricados por lotes soluciona de manera eficiente el ensuciamiento por paroxetina en CPE convencionales. El método de DPV optimizado demostró ser una herramienta altamente sensible, reproducible y robusta para el monitoreo cuantitativo de procesos de extracción asistida por HDES [3].

5. REFERENCIAS

[1]R. Compton, C. Banks, Understanding Voltammetry, p. 120, World Scientific, (2018).

[2] M. García, S. López, J. Electroanal. Chem., 850, 113412, (2019).

[3] J. Rodríguez, L. Pérez, Mem. XLI Cong. SMEQ, p. 45, (2026).

Estudio termométrico de la disolución de hierro en medio ácido mediante técnicas electroquímicas de corriente continua y alterna

Presentación Póster

S. G. Hernández Rizo[1], , E. R. Larios Durán[1], M. Bárcena Soto[2].
[1]Departamento de Ingeniería Química CUCEI Universidad de Guadalajara.
[2]Departamento de Química CUCEI Universidad de Guadalajara.
E-mail: sara.hernandez@alumnos.udg.mx , erika.lduran@academicos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la disolución de hierro en medio ácido es fundamental para aplicaciones relacionadas con la corrosión y la electrocatálisis. Su mecanismo, propuesto previamente mediante espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS), indica que la disolución del hierro ocurre a través de múltiples etapas de transferencia de carga e involucra la formación de intermediarios adsorbidos (del tipo $FeOH_{ads}$), que se manifiestan a bajas frecuencias [1, 2]. Aunque tradicionalmente este proceso se valida asumiendo condiciones isotérmicas basadas en la temperatura de la solución, su naturaleza exotérmica puede provocar desviaciones no medidas en la temperatura de la interfase electrodo/electrolito (ΔT^*). En este contexto, el objetivo de este trabajo es medir ΔT^* durante la disolución de hierro en medios de sulfato, a diferentes valores de pH, empleando técnicas electroquímicas de corriente continua (CC) y corriente alterna (CA).

2. METODOLOGÍA

Se utilizó una celda electroquímica de tres electrodos con temperatura controlada a 25 °C. El electrodo de trabajo consistió en un termistor acoplado a una lámina de acero inoxidable 304 (0.05 mm de espesor y un área de expuesta de 3.14 mm^2), previamente pulida y sometida a sonicación. La celda se completó con un electrodo de referencia Ag/AgCl (solución saturada de KCl) y un contraelectrodo de grafito. Se incorporó un termistor adicional para registrar la temperatura del electrolito. Como electrolito, se emplearon soluciones de H_2SO_4 y Na_2SO_4 a distintos valores de pH (de 0 a 5). ΔT^* se registró simultáneamente bajo las técnicas de voltametría cíclica (VC) y de EIS.

3. RESULTADOS

El análisis de la VC permitió determinar parámetros termodinámicos como, la constante de disipación de calor (K) y la capacidad calorífica promedio del electrodo (mC_p).

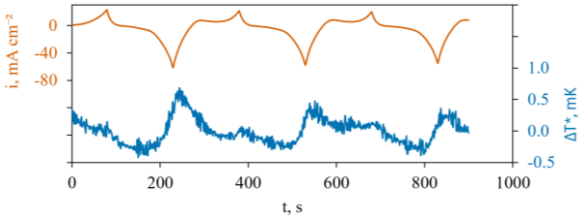


Figura 1. Respuesta temporal de corriente y ΔT^* durante VC. Velocidad de barrido: 10 mV/s, pH 4, y ventana de potencial de 8.0 a -7.0 mV vs. Ag/AgCl.

Por su parte, la respuesta de EIS confirmó el comportamiento inductivo a baja frecuencia que indica la presencia de los compuestos intermedios formados en la superficie del hierro durante el proceso. Adicionalmente, el cálculo de la función de transferencia $VIT(\omega) = \Delta T^*(\omega)/\Delta E(\omega)$ permitió vincular directamente la respuesta del metal al calor generado. A partir de la $VIT(\omega)$ obtenida fue posible determinar cómo se distribuye la energía en el sistema y qué modificaciones ocurren en la superficie del electrodo en función de la frecuencia.

4. CONCLUSIONES

Se presentan mediciones termométricas y electroquímicas de CC y CA de la disolución de hierro en medio ácido. Mediante VC se estimaron K y mC_p del proceso electroquímico. La aplicación de EIS confirmó la reproducibilidad de los bucles inductivos característicos a bajas frecuencias, sentando las bases para el cálculo de la función de transferencia VIT. Esta metodología correlacionó de forma inédita la respuesta térmica interfacial con mediciones de EIS de la disolución de hierro en función del pH.

5. REFERENCIAS

[1] C. Gabrielli et al. *Electrochimica Acta*, **24**, 61, (1979).
[2] M. Keddam et al. *Journal of the Electrochemical Society*, **128**, 257, (1981).

Molecularly imprinted polymers based on polypyrrole for the determination of glyphosate in real samples.

Presentación **Poster**

D. Jiménez-Rivas[1], G. Moro[2], M.D.P. Souza[2], C. Zanardi[2], J.L. Herrera-Celis[3], F.M. Cuevas-Muñiz[1*], A.M. Stortini[2*]

[1]CIDETEQ, Parque Tecnológico Querétaro S/N, 76703, Pedro Escobedo, Mexico

[2]Department of Molecular Sciences and Nanosystems, University Ca' Foscari, Via Torino 155, 32072, Venice, Italy

[3]Universidad Industrial de Santander, Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga, Santander, 680001, Colombia

E-mail: fcuevas@cideteq.mx, stortini@unive.it

1. INTRODUCTION.

Molecularly imprinted polymers (MIPs) enable the development of portable, low-cost sensors for the selective detection of glyphosate in environmental and food samples. Through the generation of recognition sites complementary to the analyte, MIPs maintain high selectivity even in complex matrices. Their integration with electrochemical transducers has enabled low detection limits, good reproducibility, and successful application in real samples [1–3]. These systems represent a fast, cost-effective, and suitable alternative for in situ monitoring, although they still face challenges related to matrix interferences, stability, and validation against reference methods.

2. METHODOLOGY

A MIP based on polypyrrole and glyphosate was synthesized by electropolymerization using cyclic voltammetry. Subsequently, glyphosate was removed by overoxidation, and the material was characterized by electrochemical impedance spectroscopy (EIS) over a range of frequencies. A real sample (0.45 ng/mL) was analyzed using the standard addition method with successive additions of a glyphosate solution in Britton–Robinson buffer.

3. RESULTS.

Figure 1 shows the effect of adding known concentrations of glyphosate on the impedance response of a real sample. An increase in impedance is observed as the glyphosate concentration increases, evidencing the sensor's sensitivity to the analyte. From these results, a linear correlation of $R^2 = 0.97$ was obtained.

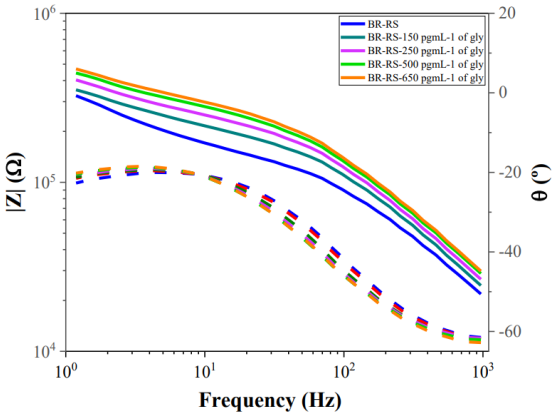


Figure 1. EIS spectra of a real sample with the addition of a glyphosate standard solution.

4. CONCLUSIONS

Species present in the Ag/AgCl electrode solution may interfere with impedance measurements in real samples. The addition of $[Ru(NH_3)_6]Cl_3$ at different NaCl concentrations enabled the establishment of conditions that stabilize the electrode response and reduce these interferences. Under these conditions, the impedance magnitude increased with glyphosate concentration, which is opposite to the behavior initially observed.

5. REFERENCES

[1] F. Zouaoui, S. Bourouina-Bacha, M. Bourouina, A Alcacer, J. Bausells, N. Jaffrezic-Renault, N. Zine, A Errachid, *Front. Chem.***9**, 621057. 2021.

[2] S. Ding, Z. Lyu, S. Li, X. Ruan, M. Fei, Y. Zhou, J Niu, W. Zhu, D. Du, Y. Lin, *Biosens. Bioelectron.*, **19** 113434, 2021.

[3] Y. Aghoutane, H. Burhan, F. Sen, B. Bouchikhi, I El Bari, *J. Anal. Sci. Technol.*, **15**:3, 2024.

Análisis difusional de la inserción electroquímica de K^+ en electrodos modificados con hexacianoferratos de níquel, indio y cobre a través de espectroscopía de impedancia electroquímica.

Presentación **Poster**

I. I. Monroy Solís[1], E. R. Larios Durán[1], M. Bárcena Soto[2]

[1]Departamento de Ingeniería Química, CUCEI, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.

[2]Departamento de Química, CUCEI, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.

E-mail: iztvan.monroy9341@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los hexacianoferratos (HCFs) de metales de transición son materiales que permiten la inserción electroquímica (IE) de iones. Esto los posiciona como dispositivos electroquímicos relevantes [1].

La IE es un proceso complejo cuyas etapas comprenden difusión en el líquido, transferencia de carga y difusión en el sólido [1]. La espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) es comúnmente empleada para su estudio debido a su capacidad de descomponer las etapas fundamentales de un proceso electroquímico global. Aun así, su interpretación basada en modelos no permite entender del todo el proceso de difusión en este tipo de sistemas.

El presente trabajo propone el modelado de la IE de K^+ en HCFs de níquel, indio y cobre con el fin de elucidar el comportamiento de la especie iónica con el medio líquido y el sólido electroactivo. La información obtenida será fundamental para el diseño eficiente de dispositivos basados en estos materiales.

2. METODOLOGÍA

Los HCFs de níquel, indio y cobre fueron sintetizados por coprecipitación.

La respuesta de EIS fue registrada en una celda típica de tres electrodos a distintas concentraciones de un electrolito de KNO_3.

Los resultados experimentales se ajustaron a un modelo de circuitos equivalentes propuesto en trabajos anteriores [2]. El modelo considera la difusión de K^+ en estado líquido (electrolito) y sólido (HCFs), de manera separada.

3. RESULTADOS

La figura 1 muestra los diagramas de Nyquist y Bode-Fase de la inserción de iones de potasio en HCFs de níquel (●), indio (♦) y cobre (■).

A bajas frecuencias, la respuesta del HCF de níquel y de cobre muestra una magnitud y ángulo de fase mayores, respecto al indio, sugiriendo un proceso de difusión anómala [3] asociado con la intercalación del K^+ en el cristal de hexacianoferrato. En contraparte, el comportamiento del HCF de indio es propio de un proceso de difusión ordinaria.

La discusión de los parámetros ajustados será abordada extensivamente en la sesión de posters del congreso.

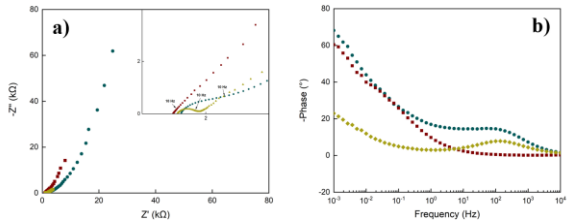


Figura 1. Diagrama de a) Nyquist y b) Bode-Fase de hexacianoferratos de níquel (●), indio (♦) y cobre (■) en un electrolito de KNO_3 0.01 M.

4. CONCLUSIONES

La validación de los espectros experimentales de EIS con el modelo propuesto, permite estudiar la forma en la que el ion de intercalación interactúa con el sólido electroactivo.

La estrategia presentada es útil en la caracterización de procesos de difusión en distintas fases, pero también como base de diseño de dispositivos basados en HCFs.

5. REFERENCIAS

[1] A. Sood, et al. *Nat. Rev. Mater.*, **6**, 847, (2021).

[2] I. I. Monroy-Solís, M. Bárcena-Soto & E. R. Larios-Durán. *Electrochim. Acta*, en revisión, (2026).

[3] J. Bisquert & A. Compte. *J. Electroanal. Chem.*, **499**, 112, (2001).

Desarrollo de sistemas bimetálicos AuRu para la detección electroquímica de glucosa

Presentación **Poster**

E. A. Enríquez-González[1], C. A. Martínez-Huitle[2], M. Á. Méndez-Rojas[1], J. R. Campos-Delgado[1], M. Cerro-López[1*]

[1]Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad de las Américas Puebla, Ex Hacienda Santa Catarina Mártir S/N, San Andrés Cholula, Puebla, México.

[2]Laboratório de Eletroquímica Ambiental e Aplicada, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Brasil.

E-mail: monica.cerro@udlap.mx

1. INTRODUCCIÓN.

La detección electroquímica no enzimática de glucosa es prometedora para el monitoreo continuo en fluidos biológicos [1]. Las partículas de oro (Au) son altamente electroactivas, pero sufren de inestabilidad y pérdida de actividad catalítica debido al envenenamiento de su superficie por la acumulación de intermediarios de reacción [2]. En este trabajo, para superar las limitaciones del Au monometálico, se propone la incorporación de rutenio (Ru) en sistemas bimetálicos de AuRu con el fin de reducir el sobrepotencial de reacción y suprimir la desactivación catalítica mediante efectos de acoplamiento electrónico y sinergia superficial [2, 3].

2. METODOLOGÍA

Se fabricaron electrodos modificados utilizando grafito de lápiz graduado 9B como sustrato conductor. La modificación de la superficie se llevó a cabo mediante el método de electrodeposición por voltamperometría cíclica en medio ácido a partir de soluciones precursoras de sales metálicas. Se prepararon tres sistemas variando la composición química superficial para su comparación: Au puro, AuRu 1:1 y AuRu 1:3. La evaluación electroquímica de los sensores incluyó pruebas de estabilidad mediante ciclos voltamperométricos repetitivos y la posterior determinación de la respuesta analítica hacia la electro-oxidación de glucosa en medio básico.

3. RESULTADOS

Las pruebas de estabilidad sugieren que la incorporación de rutenio ejerce un efecto protector sobre el desempeño del sensor. Como se observa en la **Tabla 1**, en el sistema de Au puro se registró una disminución drástica en la capacidad catalítica tras los ciclos de estabilidad, evidenciada por una pérdida severa en la corriente de pico absoluta, la cual cayó de 0.801 a 0.00685 mA. En contraste, los sistemas bimetálicos AuRu 1:1 y AuRu 1:3 mantuvieron respuestas de corriente estables, e incluso ligeramente superiores, después de su uso repetido (0.384 y 0.411 mA, respectivamente), lo que demuestra que conservan su actividad catalítica.

Tabla 1. Corriente de pico absoluta de la electro-oxidación de glucosa antes y después de pruebas de estabilidad

Electrodo modificado con:	|Ip| Antes (mA)	|Ip| Después (mA)	Observación principal
Au	0.801	.00685	Pierde actividad
AuRu 1:1	0.315	0.384	Conserva actividad
AuRu 1:3	0.340	0.411	Conserva actividad

4. CONCLUSIONES

La incorporación de rutenio en los sistemas bimetálicos modificados sobre grafito 9B favorece la estabilidad del oro monometálico. Los datos voltamperométricos confirman que la actividad catalítica del sistema AuRu, aunque menor desde un inicio, se conserva eficazmente por efecto del rutenio tras los ciclos de operación.

5. REFERENCIAS

[1] S. F. A. Sani, et. al. *Radiation Physics and Chemistry*, **171**, 108703, (2020).

[2] M. Khalid et. al. *Chemical Engineering Journal*, **421**, 129987, (2021).

[3] H. Liu et. al., *Journal of Analysis and Testing*, **10**, 486-496, (2026)

Comportamiento electroquímico de la claritromicina a través de la interfase líquido-líquido

Presentación **Poster**

L. G. López-Martínez [1,2], J. Amador-Hernández [1] y M. Velázquez-Manzanares[1*]

[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila. Blvd. V. Carranza s/n, Saltillo Coahuila, 25280, México.

[2]Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel. Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca, 70902, México.

E-mail: miguel_velazquez@uadec.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

La Interfase Entre Dos Soluciones Electrolíticas Inmiscibles (ITIES, por sus siglas en inglés) es una herramienta utilizada para estudiar los procesos de transferencia de carga, los cuales son de gran importancia en química y biología. Debido a su simplicidad, la ITIES puede emplearse como un modelo mimético de los procesos que ocurren en una interfase membrana lipídica–agua. Entre sus aplicaciones se encuentran la transferencia facilitada de iones a través de membranas biológicas, la detección y cuantificación de contaminantes, así como el estudio de los mecanismos asociados a estos procesos de transporte [1]. En la ITIES se han realizado estudios de moléculas orgánicas como las triazinas [2], piroxicam[3], entre otros.

El objetivo de este trabajo fue estudiar los mecanismos de transferencia del antibiótico Claritromicina (CLA), a través del sistema agua|1,2 dicloroetano (1,2-DCE).

2. METODOLOGÍA

Los estudios se realizaron en una celda de vidrio de 4-electrodos, con 1,2-DCE como fase orgánica, mediante Voltamperometría Cíclica (VC). Utilizando tetrakis-4-clorofenilborato de tetrafenilarsénico (TPAsTPBCl) y LiCl + H_2SO_4 como electrolitos de fase orgánica y acuosa, respectivamente.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra el VC, donde se observa la transferencia de la CLA a través de la interfase agua–1,2-DCE (pH = 4.0). Como se evidencia, la CLA se particiona dentro de la ventana de potencial estudiada, lo cual permite diferenciar su señal de la correspondiente al electrolito base (línea punteada). El VC muestra un pico de transferencia reversible, con una diferencia de potencial cercana a la estimada mediante la ecuación de Nernst para la transferencia de una carga. De acuerdo con el valor de pKa = 8.99 reportado para este compuesto, bajo las condiciones de pH evaluadas, los picos de corriente observados corresponden a la transferencia interfacial de $CLAH^+$.Con un potencial formal de transferencia de ($\Delta_o^a\phi'_{CLAH+}$= -0.0163 V) y una energía de transferencia de ($\Delta_o^a G_{tr,CLAH+}^{\theta',a\to o}$= -1.57 kJ mol^{-1}).

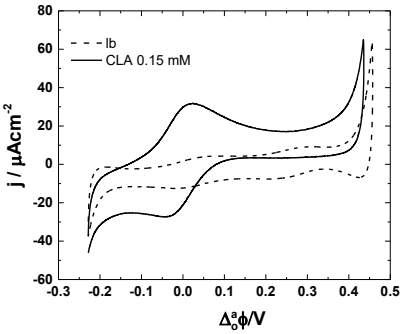


Figura 1. VC de la transferencia de CLA (0.15 mM).

4. CONCLUSIONES

Los experimentos de VC demostraron que la CLA se transfiere a través de la ITIES en forma de $CLAH^+$, siendo una molécula latamente hidrofóbica. Estos resultados aportan información sobre el transporte de este compuesto en sistemas de interfase biomiméticos.

5. REFERENCIAS

[1] G. Lagger, L. Tomaszewski, M. D. Osborne, B. J. Seddon, and H. H. Girault, *J. Electroanal. Chem.,* **451**, 29, (1998).

[2] M. Velázquez-Manzanares, J. Amador-Hernández, C. Cisneros-Cisneros, and K. A. Heredia, *J. Electrochem. Soc.*, **155**, F218, (2008).

[3] F. Reymond, y col., *Helv. Chim. Acta*, **79**, 1651, (1996).

Comportamiento electroquímico del paracetamol con nanoestructuras Se@CdSe

Presentación **Poster**

N. Escobar Monsalvo[1], S. Corona Avendaño[1], M. Palomar-Pardavé[1]

[1]. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C.P. 02200 México, D.F., México, D.F.

E-mail: al2222800484@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN.

El paracetamol, también conocido como acetaminofén, es un fármaco de uso común, el cual resulta inofensivo en dosis controladas, pero en exceso puede generar daños al hígado y riñones [1]. Anteriormente se han realizado detecciones electroquímicas de esta molécula [2,3]. El presente trabajo muestra la detección electroquímica del paracetamol utilizando un electrodo de carbono vítreo modificado, ECV, modificado con nanoestructuras Se@CdSe y como es el comportamiento que presenta esta molécula en comparación con su detección utilizando únicamente el ECV.

2. METODOLOGÍA

Se realizó la cuantificación de paracetamol, haciendo uso de una celda electroquímica típica de tres electrodos, siendo el electrodo de trabajo, primeramente, el ECV sin modificar y posteriormente el ECV con las nanopartículas de Se@CdSe, utilizando como solución buffer una solución de fosfatos 0.1M.

La síntesis de las nanopartículas del Se@CdSe se realizó por medio de métodos electroquímicos en una celda en donde el electrolito utilizado fue el solvente eutéctico profundo, DES, ethaline.

Las técnicas utilizadas para la cuantificación fueron voltamperometría cíclica, VC, y voltamperometría diferencial de pulso, VDP.

3. RESULTADOS

La cuantificación por VC (Figura 1), muestra un desplazamiento en los picos de oxidación y reducción en el potencial, al modificarse la superficie del electrodo. Mientras que en la Tabla 1 se muestran los resultados de limite de detección, LD y de cuantificación, LC, para los dos electrodos utilizados, observándose la influencia del deposito en la detección del paracetamol.

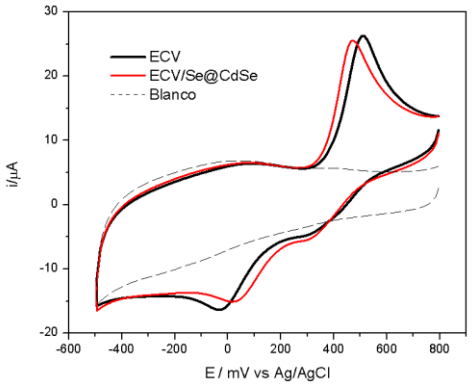


Figura 1. Comparación de VCs de los electrodos ECV y ECV Se@CdSE/0.1 M buffer de fosfatos

Tabla 1. Valores LD y LC obtenidos con los electrodos ECV y ECV Se@CdSe para la detección de paracetamol.

Electrodo	LD µM	LC µM
ECV	27.56	91.89
ECV/Se@CdSe	14.49	48.31

4. CONCLUSIONES

Mediante las técnicas electroquímicas de VC y VDP se pudo observar la influencia y comportamiento que se presenta en la detección del paracetamol al utilizar un electro ECV modificado con las nanopartículas Se@CdSe.

5. REFERENCIAS

[1] M. Stoytchera et al, *Int. J. Electrochem. Sci*, **volumen 18**, no.5, (2023).

[2] X. Kang et al., *Talanta,* **volumen 81**, no. 4, p 11711 (2025)

[3] B. Suchacz y M. Wesolowski, *Analytical Methoa* **volume 8**, no. 16, (2016)

Desarrollo de una metodología electroanalítica para la detección de sertralina utilizando electrodos de pasta de carbono

Presentación Poster

S. I Rivera-Hernández[1*], J. I. Aldana-González[1], S. Corona Avendaño[1].
[1]Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Departamento de Materiales. Área Electroquímica e Ingeniería Materiales. Av. San Pablo No. 420 Col. Nueva el Rosario C.P. 02128. Alcaldía Azcapotzalco, CDMX, México.
E-mail: sirh@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La incidencia de los trastornos mentales se ha visto incrementada en los últimos años siendo los más recurrentes la depresión y la ansiedad, por lo que cada año aumenta el consumo de antidepresivos y ansiolíticos, siendo los más prescritos los inhibidores selectivos a la recaptación de serotonina (ISRS) debido a que no causan dependencia, son de venta libre, además de que existe una amplia variedad de estos fármacos, destacando la sertralina.

Debido a su creciente consumo y a su presencia en matrices ambientales y farmacéuticas, existe un interés creciente en el desarrollo de métodos analíticos rápidos, sensibles y de bajo costo para su cuantificación. Por lo que en este trabajo se evalúa la respuesta electroquímica de la sertralina utilizando un electrodo de pasta de carbono (EPC), con el objetivo de desarrollar un sensor electroquímico para su cuantificación [1-2].

2. METODOLOGÍA

Se utilizó una celda electroquímica típica de tres electrodos, un contraelectrodo de platino, un electrodo de referencia de $Ag/AgCl_{sat}$, y un EPC como electrodo de trabajo. Los experimentos electroquímicos se realizaron en un potenciostato-galvanostato Biologic-300 acoplado al software EC-Lab. Para la caracterización electroquímica se utilizó voltamperometría (VC) mientras que para la voltamperometría diferencial de pulsos (VDP) se empleó para la cuantificación y el cálculo de los parámetros analíticos. Para los experimentos se utilizó una solución madre de clorhidrato de sertralina $1x10^{-3}$ M.

3. RESULTADOS

En la Figura 1., se muestra el voltamperograma cíclico para el sistema EPC/0.1 M PBS, pH=7.0 (---), para tener un sistema blanco, el barrido de potencial se realizó en sentido anódico a 40 mv/s en una ventana de potencial de 0.4 a 1.2 V, y también para el sistema EPC/0.1 M PBS/ $1x10^{-5}$ M Sertralina; alrededor de 1.05 V, es posible distinguir un pico anódico, y al invertir el sentido del barrido no se encontraron señales de reducción, por lo que se establece que el proceso electroquímico de la sertralina es no reversible.

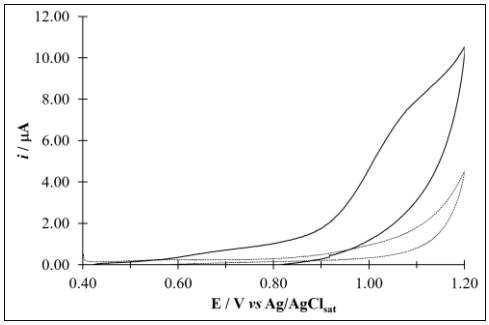


Figura 1. Voltamperogramas cíclicos para los sistemas EPC/0.1 M PBS, pH=7.0 (----) y EPC/0.1 M PBS/ $1x10^{-5}$ Sertralina.

4. CONCLUSIONES

La sertralina presentó una respuesta electroquímica claramente distinguible del blanco sobre el electrodo de pasta de carbono, evidenciando un proceso de oxidación a potenciales positivos. Estos resultados demuestran la factibilidad de emplear el EPC para su determinación electroanalítica.

5. REFERENCIAS

[1] A.J. Bard, L.R. Faulkner, *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, (2001).

[2] S. Dermiş, H.Y. Çay, *Electrochemical behaviour of sertraline hydrochloride at a glassy carbon electrode and its determination in pharmaceutical products using Osteryoung square wave voltammetry*, *Pharmazie*, **65**, 182–187, (2010).

Mecanismo de emisión luminosa durante la electrodisolución de tungsteno a bajo voltaje en electrolitos acuosos

Presentación Poster

M. Espinoza Sandoval[1], V. H. Vargas García[2], A. G. González Gutiérrez[2], M. Bárcenas Soto[2], N. Casillas[2*]

[1]Departamento de Ing. Química, CUCEI, Blvd. Marcelino García Barragán #1451, CP. 44430.
[2]Departamento de Química, CUCEI, Blvd. Marcelino García Barragán #1451, CP. 44430.

E-mail: michelle.espinoza4192@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

La emisión luminosa en sistemas electroquímicos suele asociarse a fenómenos de electrólisis por descarga luminiscente de contacto (CGDE) que requieren altos voltajes [1]. En este trabajo se reporta una emisión luminosa localizada durante la electrodisolución de alambres de tungsteno de 250 µm en diversos electrolitos acuosos bajo el uso de corriente alterna. El fenómeno aparece a voltajes significativamente menores que los reportados para CGDE y podría ofrecer nuevas perspectivas para la fabricación de microelectrodos y el estudio de procesos interfaciales bajo condiciones extremas de polarización [1,2].

2. METODOLOGÍA

Los experimentos se realizaron utilizando un reóstato, un amplificador de potencia, un generador de funciones, un osciloscopio y dos multímetros digitales. Como electrodos de trabajo se emplearon alambres de W de 250 µm de diámetro, inmersos en soluciones 1 M de NaOH, KOH, Na_2SO_4 y H_3BO_3. Se aplicó corriente alterna para estudiar la aparición de una emisión luminosa localizada. Además, se compararon parámetros electroquímicos en cada uno de los electrolitos y determinar el efecto del electrolito.

3. RESULTADOS

La emisión luminosa se presentó al alcanzar un voltaje umbral dependiente del electrolito, registrándose entre 30 y 40 V de corriente alterna para NaOH 1 M. El fenómeno estuvo acompañado por la formación de una punta activa sobre el tungsteno y por un abundante desprendimiento de burbujas. Al aplicar corriente directa al mismo voltaje no se detectó emisión luminosa. Asimismo, el burbujeo de nitrógeno en las proximidades de la punta disminuyó la intensidad y la estabilidad de la emisión.

En la Figura 1 se observa la emisión luminosa localizada sobre la punta activa del tungsteno durante la electrodisolución en NaOH 1 M. La emisión presentó una coloración amarilla y estuvo acompañada por la formación continua de burbujas alrededor del electrodo bajo una corriente alterna de 39 V y una corriente de 0.34 A.

Figura 1. Emisión luminosa formada en una solución 1 M de NaOH con un voltaje de corriente alterna de 39 V y 0.34 A.

4. CONCLUSIONES

La emisión luminosa está asociada a la formación de una punta activa sobre el tungsteno y a la generación local de H_2-O_2. La dependencia con el electrolito, su ausencia en corriente directa y su disminución en presencia de nitrógeno sugieren la participación de procesos termoelectroquímicos localizados.

5. REFERENCIAS

[1] S. K. Sengupta, O. P. Singh, Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry, 301, 189, (1991).

[2] A. Yerokhin, V. R. Mukaeva, E. V. Parfenov, N. Laugel, A. Matthews, Electrochimica Acta, 312, 441, (2019).

Cuantificación electroquímica de la glucosa utilizando electrodos de pasta de carbono modificados

Presentación **Poster**

M. C. Jasso Hernández[1], E. I. Navarro Martínez[1], S. Corona-Avendaño[1*], S. I. Rivera Hernández[1]

[1] Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Departamento de Materiales. Área Electroquímica e Ingeniería Materiales. Av. San Pablo No. 420 Col. Nueva el Rosario C.P. 02128. Alcaldía Azcapotzalco, CDMX, México

E-mail: scav@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La D-glucosa (β-D-glucopiranosa) es un monosacárido de gran importancia biológica, constituye la principal fuente de energía para el cerebro También desempeña un papel relevante en la industria alimentaria, la nutrición y el ámbito clínico, debido a que las alteraciones en su concentración están estrechamente relacionadas con enfermedades metabólicas, como la diabetes mellitus, cuya incidencia continúa en aumento a nivel mundial. En México una gran parte de la población presenta este padecimiento lo que conlleva a diferentes comorbilidades, además del planteamiento de diferentes estrategias de salud pública. Por ello, su detección y cuantificación es de gran relevancia, ya que a pesar de que existen diferentes estrategias, los criterios de detección cambian de acuerdo con las guías clínicas, por lo que cada vez la concentración en sangre debe ser menor. Una alternativa para lograr su detección es el uso de los métodos electroquímicos que son rápidos, selectivos, robustos y relativamente económicos a comparación de otras técnicas analíticas.

En este trabajo se presenta el desarrollo de un sensor para la cuantificación utilizado electrodos de carbono modificados sin el empleo de enzimas como lo hace el método tradicional [1-2]

2. METODOLOGÍA

Se utilizó una celda típica de tres electrodos, como electrodos de trabajo EPC y carbono vítreo, un contraelectrodo de platino y un electrodo de $Ag/AgCl_{sat}$ como referencia. Los experimentos electroquímicos se efectuaron empleando un potenciostato galvanostato Biologic-300, acoplado al software EC-Lab. Las técnicas utilizadas son la voltamperometría cíclica para caracterizar el sistema y la voltamperometría diferencial de pulso para la obtención de las curvas de calibrado y el cálculo de los parámetros analíticos. La evaluación del sensor se realiza utilizando medio ácido y la modificación se realizó con el surfactante tritón X-100.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra el voltamperograma cíclico obtenido para la D-glucosa, em una solución 0.1 M H_3PO_4; 1 mM de glucosa, en 0.39 V se observa un pico de oxidación asociado al monosacárido, que se transforma a ácido glucónico.

$$C_6H_{12}O_6+H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_7+2H^++2e^-$$

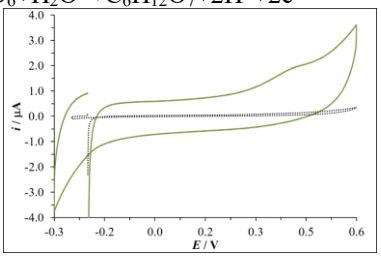


Figura 1. Voltamperogramas cíclicos para EPC/1 mM de glucosa/ 0.1 M ácido fosfórico.

4. CONCLUSIONES

Los electrodos de carbono modificados mostraron una respuesta electroquímica favorable para la detección de glucosa en medio alcalino, evidenciando su potencial para el desarrollo de sensores electroquímicos con parámetros analíticos competitivos.

5. REFERENCIAS

A. J. Bard, L. R. Faulkner. *Electrochemical Method Fundamentals and Applications*, 2nd ed., John Wiley Sons, New York, (2001).

Secretaría de Salud. *Guía de Práctica Clínic Diagnóstico, metas de control ambulatorio y tratamien de la diabetes mellitus tipo* 2, CENETEC, Ciudad México, (2021)

División 2

Ingeniería Electroquímica y Aplicaciones Tecnológicas (IE)

Trabajos Orales

Ventana de operación teórica para la electroestimulación de *Aspergillus niger*

Presentación **Oral**

E. C. Contreras Enríquez[1], A. M. Sixto Berrocal[1], G. Aparicio Mauricio[1], I. Juvenal González[1,2], M. A. Martínez Trujillo[1], M. R. Cruz Díaz[1*]

[1]Departamento de Ingeniería y Tecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Av. Primero de Mayo, Cuautitlán Izcalli, C.P. 54740, Edo. de México.

[2]Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico esq. Av. Carlos Hank González, Col. Valle de Anáhuac, Ecatepec de Morelos 55210, México.

E-mail: cdmrmartin@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La desacetilación (DAct) de quitina mediante enzimas quitina-desacetilasas (QDAs) es la etapa crítica en la obtención biotecnológica de quitosano, debido a la limitada estabilidad, eficiencia y actividad de estas enzimas, impidiendo su escalamiento industrial. En el presente trabajo se evaluará el efecto de estímulos eléctricos sobre la producción y actividad de las QDAs por *Aspergillus niger,* utilizando cascara de camarón (medio poroso humectado) como sustrato [1]. En una primera fase, se desarrolló un estudio teórico del transporte de iones, presentes en el medio de cultivo, por efecto del potencial electrico, se idenificó la ventana de operación donde la celda bioelectroquímica exhibe un comportamiento resistivo.

2. METODOLOGÍA

El estudio teórico del transporte de especies iónicas y la distribución del potencial eléctrico a través de la celda bioelectroquímica consistió en la resolución de la ecuación de Nernst-Planck, considerando una distribución de corriente terciaria. Asimismo, se incorporaron las ecuaciones de Tafel para evaluar las cinéticas de las reacciones redox sobre la superficie de los electrodos. Las simulaciones en 3D de la celda se realizaron en el software COMSOL Multiphysics.

3. RESULTADOS

En la Figura 1(a) se presenta la curva de polarización (I vs V), se observa que la zona de operación sería entre 0.2 a 0.8V (0.5 a 6 A/m^2). En la Figura 1(b) se muestra la distribución de la densidad de corriente a través de la celda bioelectroquímica, se observa una no homogeneidad en la densidad de corriente, mostrando mayor resistencia en el contorno de las paredes de la celda.

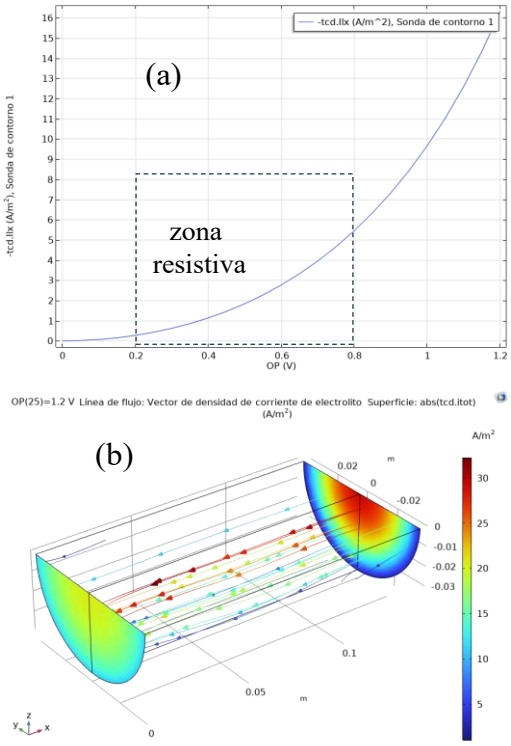


Figura 1. (a) Curva de polarización (*J* vs V). (b) Distribución de la densidad de corriente.

4. CONCLUSIONES

A través del presente estudio se logró identificar el intervalo de corriente que se debe aplicar a la celda bioelectroquímica para que trabaje en un régimen resistivo (0.5 a 6 A/m^2).

5. REFERENCIAS

[1] P. Gómez-Flores, N. Velasco-Álvarez, I. González, V. Sánchez-Vázquez. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, **19**(1), 111, 2020.

Oxidación indirecta de un surfactante aniónico presente en el agua de un yacimiento petrolífero mediante un reactor tubular fotoelectroquímico: estudio experimental y modelado matemático

Presentación **Oral**

G. Aparicio-Mauricio[1*], I. J. González-Panzo[1,2], M. R. Cruz-Días[2], M. A. Martínez-Trujillo[1], Julio C. Morales-Mejía[2]

[1] Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico esq. Av. Carlos Hank González, Col. Valle de Anáhuac, Ecatepec de Morelos 55210, México.

[2]Departamento de Ingeniería y Tecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

E-mail: amauricio@tese.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

En la industria del petróleo y el gas, se generan grandes cantidades de agua contaminada durante la extracción del petróleo conocida como "agua producida en los yacimientos petrolíferos (APYP)". Aproximadamente se producen tres barriles de agua por cada barril de petróleo y la relación agua/petróleo aumenta a medida que el yacimiento envejece [1]. Los métodos tradicionales (físicos, químicos y biológicos) se centran en la eliminación de compuestos orgánicos dispersos, sin embargo, la salinidad, los compuestos orgánicos disueltos y los productos añadidos para el tratamiento del APYP no son fácilmente removidos. Por lo tanto, en este trabajo se analizó la oxidación fotoelectroquímica indirecta en presencia de iones cloruro de surfactantes aniónicos (*Shell Chemicals ENORDET™ 0242*) presentes en el agua producida en yacimientos petrolíferos. Además, se desarrolló un modelo matemático paramétrico transitorio de un reactor a escala laboratorio en modo discontinuo con recirculación (tanque de agitación continua) para predecir la degradación del surfactante aniónico presente en agua sintética producida en un yacimiento petrolífero.

2. METODOLOGÍA

Las pruebas experimentales de degradación se llevaron a cabo en un reactor tubular fotoelectroquímico a diferentes flujos volumétricos en condiciones potenciostáticas (0.5 V vs. Ag/AgCl) en presencia de 50 ppm de ENORDET™ 0.242. En el reactor se utilizaron mallas expandidas de titanio recubierto con S, N-TiO2 (electrodo externo) y acero inoxidable niquelado (electrodo interno) como fotoánodo y cátodo, respectivamente.

3. RESULTADOS

Los resultados experimentales confirman que el modelo predice con precisión el comportamiento de las concentraciones del ion cloruro y del surfactante. Por ejemplo, en la Figura 1 se muestra la comparación de los datos experimentales de degradación del surfactante con los resultados obtenidos con el modelo.

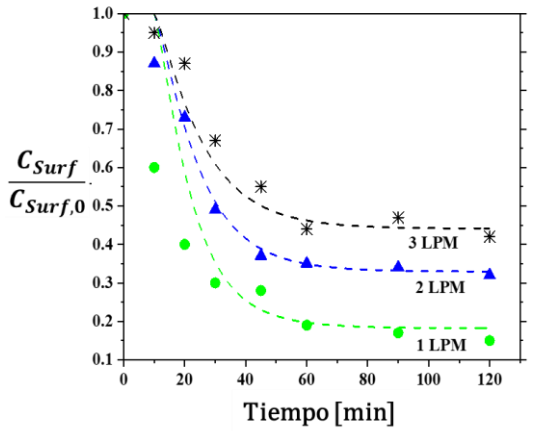


Figura 1

4. CONCLUSIONES

A un flujo volumétrico de 1 L min^{-1}, se logró una degradación del 90% del surfactante en 120 minutos de operación, lo cual indica la eficiencia del proceso fotoelectroquímico.

5. REFERENCIAS

[1] M. Vora, S. Sanni, R. Flage, *Environ. Impact. Assess. Rev.*, **88**, 106512, (2021).

Celda Electroquímica Dinámica Fabricada por Impresión 3D: Aplicación Ingenieril en el Estudio de la Corrosión y Transporte de Masa

Presentación **Oral**

I. Z. Ramírez León[1], H. Herrera Hernández[1*], C.O. González Morán[1], C.N. Cabral Miramontes[2]

[1]Laboratorio de Investigación en Electroquímica y Corrosión de Materiales Industriales, Universidad Autónoma del Estado de México, Blvd. Universitario s/n, Predio San Javier Atizapán de Zaragoza, Estado de México 54500, México.

[2]UANL, FIME. Av. Universidad S/N, CU, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 66455, México.

E-mail: zuryleon13@gmail.com, hherrerah@uaemex.mx

1. INTRODUCCIÓN

La Corrosión es un proceso de degradación mediante reacciones químicas con intercambio de electrones [1]. Para entender su mecanismo, se requiere establecer condiciones hidrodinámicas que permitan analizar la influencia del transporte de masa sobre las reacciones electroquímicas [2]. Los sistemas convencionales, como el electrodo de disco rotatorio (RDE), presentan limitaciones como el volumen de trabajo, geometría del flujo y los costos de implementación. Por ello, se desarrolla una celda electroquímica dinámica fabricada mediante impresión 3D, capaz de generar diferentes condiciones de agitación. El desempeño hidrodinámico se determinó mediante el cálculo del Número del Reynolds, parámetro que define el comportamiento del flujo (laminar, transicional o turbulento), y permite correlacionar con la cinética de corrosión.

2. METODOLOGÍA

Se diseña una celda electroquímica utilizando herramientas de modelado asistido por computadora y manufactura aditiva. Se fabricaron seis propelas con distinta geometría por impresión 3D y se evaluó su capacidad de generar flujo. El sistema fue accionado por un motor de corriente directa con control de velocidad, permitiendo operar en diferentes regímenes de flujo. Se realizaron pruebas experimentales para determinar la velocidad de rotación, estimar el número de Reynolds y analizar el comportamiento hidrodinámico generado por cada propela, y su posible susceptibilidad a la corrosión.

3. RESULTADOS

Los resultados mostraron que la geometría de la propela influye en el régimen de flujo. Ejemplo, la propela No.1 presentó el mejor desempeño en términos de estabilidad mecánica y capacidad de agitación. Los cálculos del número de Reynolds indicaron la transición desde condiciones laminares hacia regímenes de flujo turbulento. Los resultados de la Tabla 1, muestran que la celda propuesta puede emplearse como una alternativa para estudios electroquímicos donde el transporte de masa es importante en la cinética de la corrosión.

Tabla 1. Valores del número de Reynolds de cada propela.

No. de Propela	Diámetro (mm)	Re 300rpm	Re 500rpm	Re 700rpm
1	20.93	2453.7	4089.4	5725.2
2	18.5	1917.0	3195.0	4473.0
3	16.14	1459.1	2431.8	3404.5
4	20	2240.4	3734.1	5227.7
5	20	2240.4	3734.1	5227.7
6	16.49	1523.1	2538.4	3553.8

4. CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó una celda electroquímica dinámica funcional utilizando componentes de bajo costo y tecnologías de manufactura aditiva. La evaluación hidrodinámica permitió identificar una configuración de propela capaz de generar condiciones adecuadas de transporte de masa.

5. REFERENCIAS

[1] Revie, RW, & Uhlig, HH (2025). Corrosión y control de la corrosión. John Wiley & Sons.

[2] González J, Laborda E, Molina Á. Voltammetric Kinetic Studies of Electrode Reactions: Guidelines for Detailed Understanding of Their Fundamentals. J Chem Educ. 2022 Dec 27;100(2):697-706. doi: 10.1021/acs.jchemed.2c00944.

Análisis DRT de espectros EIS para el diagnóstico de electrolizadores productores de H_2O_2

Presentación **Oral**

J. A. Pérez Garcia[1,2*], Y. Reyes-Vidal[1], S. Ferrante[2], C.I. Torres[2]

[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C. (CIDETEQ), Pedro Escobedo, Querétaro, México.

[2]Swette Center for Environmental Biotechnology – Bidesign Institute – Arizona State University, Tempe, AZ, Estados Unidos de América

E-mail: jperezg3@asu.edu, jperezprf@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Los electrolizadores para generar H_2O_2 in situ reducen riesgos de transporte [1,2], pero identificar sus microprocesos electroquímicos (como la ORR y la difusión en el cátodo aireado) resulta complejo por la superposición de sus constantes de tiempo. El análisis mediante distribución de tiempos de relajación y difusión (DRT/DDT) resuelve esto al deconvolucionar la Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS) para aislar las etapas que controlan la reacción [3]. El objetivo de este trabajo es analizar sistemas de H_2O_2 mediante DRT/DDT codificada en Python, aportando una herramienta clave para entender electrolizadores.

2. METODOLOGÍA

Se compararon dos electrolizadores para producción de H_2O_2 de 14.5 y 7.25 mL (cámara catódica), evaluados por triplicado. Los espectros EIS se registraron entre 50 kHz y 0.05 Hz y se procesaron en Phyton. Los datos experimentales de frecuencia, Z' y $-Z''$ se ajustaron con el modelo DRT/DDT:

$$Z(\omega) = R_\infty + \int \gamma(\ln\tau)/(1 + j\omega\tau)d\ln\tau.$$

La inversión se resolvió por mínimos cuadrados no negativos con regularización de Tikhonov y selección automática de λ por curva-L, exportando R_∞, R_{pol}, R_{total}, residuales y picos de $\gamma(\tau)$.

3. RESULTADOS

La deconvolución de EIS en Python para obtener la DRT/DDT fue exitosa (Figura 1). Se observó que el reactor de 7.25 mL presentó menor resistencia óhmica R_∞ que el de 14.5 mL, disminuyendo en promedio de 5.6/4.2 Ω a 2.8/1.1 Ω. Sin embargo, la DRT/DDT reveló que el pico dominante se desplazó de $\tau \approx$ 35.7/84.2 ms (14.5 mL) a 0.65/1.1 s (7.25 mL) sin una mejora significativa en la producción de H_2O_2 (91.03–97.37 mg). Esto sugiere que reducir el volumen incrementa la polarización asociada a la membrana y a la difusión de O_2 pese a la reducción global de la resistencia.

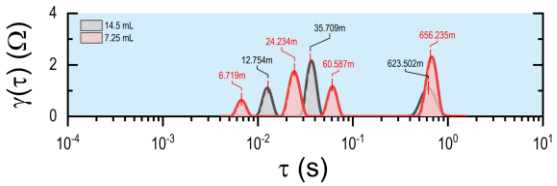


Figura 1. Distribución de tiempos de relajación (DRT) de los reactores evaluados para la producción electroquímica de H_2O_2.

4. CONCLUSIONES

La deconvolución de EIS mediante Python para la obtención de DRT/DDT permitió desacoplar constantes de tiempo de microprocesos. Así, se determinó que reducir el volumen catódico disminuye la contribución óhmica global (dominada por R_∞) al acortar la distancia interelectródica, sin mejorar la producción de H_2O_2. La presencia de residuos y el posible ataque químico por Cl^- en la membrana podrían contrarrestar el beneficio geométrico, limitando el transporte de masa, la integridad de la membrana y la eficiencia de la ORR.

5. REFERENCIAS

[1] M. N. Young, M. J. Links, S. C. Popat, B. E. Rittmann, C. I. Torres, *ChemSusChem*, **9**, 3345–3352, (2016).

[2] D. Ki, S. C. Popat, B. E. Rittmann, C. I. Torres, *Environmental Science & Technology*, **51**, 6139–6145, (2017).

[3] T. H. Wan, M. Saccoccio, C. Chen, F. Ciucci, *Electrochimica Acta*, **184**, 483–499, (2015).

Estudio de microelectrólisis preliminar con WE base carbono para el tratamiento sustentable de residuos

Presentación **Oral**

K. S. Santaella Velasco[1], P.A. Ramírez Ortega[1*], L. García Hernández[1], M.U. Flores Guerrero[1]

[1] Área Electromecánica Industrial, Universidad Tecnológica de Tulancingo
Camino a Ahuehuetitla No. 301 Colonia Las Presas, Tulancingo, Hidalgo, C.P. 43645, México
E-mail: pedro.ramirez@utectulancingo.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN.

La electroquímica, al involucrar reacciones químicas con el uso de energía eléctrica, ha abierto nuevas oportunidades para el desarrollo de tecnologías más sustentables y eficientes. En particular, su integración con los principios de la química verde ha dado lugar a innovaciones como la electrosíntesis de materiales nanoestructurados, que permite realizar reacciones sin recurrir a agentes químicos nocivos, y el tratamiento de efluentes, donde la energía eléctrica se emplea para purificar aguas residuales sin generar subproductos peligrosos. Además, las aplicaciones electroquímicas en almacenamiento de energía y sensores ambientales están contribuyendo a soluciones más limpias, seguras y respetuosas con el medio ambiente. [1,2].

2. METODOLOGÍA

Los estudios electroquímicos se efectuaron en una celda electroquímica típica de tres electrodos. Como electrodo de referencia Calomel, como auxiliar DSA y como trabajo PC. La solución de estudio fue preparada en laboratorio partiendo de efluentes ricos en plata. Todos los estudios electroquímicos se realizaron en un Portenciostáto-Galvanostáto PAR Versa STAT 4.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se presenta el voltamperograma obtenido de la solución de estudio sobre el electrodo de pasta de carbono a condiciones estacionarias, a una velocidad de barrido $15mVs^{-1}$.

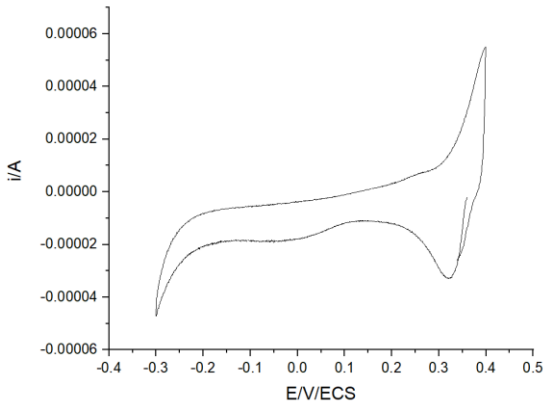


Figura 13 Voltamperograma sobre el electrodo de pasta de carbono, de la solución de estudio a una velocidad de barrido $15mVs^{-1}$

4. CONCLUSIONES

Mediante los estudios de microelectrólisis de VC se observaron dos procesos de reducción el primero en el intervalo 250mV a 355mV vs. ECS el cual se atribuye a la reducción de la especie iónica Ag^{+} presente en la solución de estudio sobre el electrodo de PC y el segundo proceso inicia a un potencial de -200mmV vs. ECS y se atribuye a la reducción del medio. El intervalo de corriente que se seleccionó del proceso atribuido a la reducción de plata sobre el electrodo de pasta de carbono, el cual fue de $-5x10^{-6}$ A a $-5x10^{-5}$ A.

5. REFERENCIAS

[1] E. Sánchez-Díez, E. Ventosa, M. Guarnieri, A. Trovò, C. Flox, et. al. (2021). Redox flow batteries: Status and perspective towards sustainable stationary energy storage. Journal of Power Sources.
[2] J. G. Ibáñez-Cornejo, (n.d.). Boletín de la Sociedad Química de México 8 Sensores electroquímicos de contaminación y sistemas de alerta temprana. http://pdf.directindustry.com/pdf/

Desarrollo y caracterización de un sensor electroquímico multiplexado miniaturizado basado en grafeno inducido por láser (LIG) con compósitos LIG/AuNPs y LIG/PANI para la detección secuencial no enzimática de ácido úrico y pH

Presentación **Oral**

A.A. Ibarra-Caballero[1], R.B. Dominguez[2], A.I. Gómez-Rocha[3*]

[1]Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Circuito Universitario 31109 Campus II, Chihuahua, México.

[2]SECIHTI-CIMAV, Av. Miguel de Cervantes #120, 31136 Chihuahua, México.

[3]Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., Av. Miguel de Cervantes #120, 31136 Chihuahua, México.

E-mail: anais.gomez@cimav.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las heridas crónicas, particularmente las úlceras del pie diabético, son una de las principales complicaciones de la diabetes mellitus por su alto riesgo de infección y amputación. En México, los procesos infecciosos fueron la principal causa de defunción en pacientes hospitalizados con diabetes mellitus tipo 2 durante el tercer trimestre de 2025 [1]. El pH y el ácido úrico (A.U) son biomarcadores clave del exudado; un pH alcalino (7–9) se asocia con infección y retraso en la cicatrización, mientras que alteraciones en la concentración de ácido úrico se relacionan con la progresión del daño tisular [2,3]. En este trabajo se desarrolla una plataforma electroquímica multiplexada basada en grafeno inducido por láser (LIG), que integra un sensor modificado con polianilina (PANI) para la detección de pH y un sensor modificado con nanopartículas de oro (AuNPs) para la detección no enzimática de ácido úrico en un único dispositivo miniaturizado.

2. METODOLOGÍA

Los electrodos LIG se fabricaron mediante grabado con láser de CO_2 sobre poliimida (25 % de potencia, 225 mm/s, resolución de 254 DPI). Posteriormente, se funcionalizaron con PANI y AuNPs para detectar pH y ácido úrico, respectivamente, y se integraron en una plataforma multiplexada para evaluar la detección secuencial.

3. RESULTADOS

El sensor LIG/PANI fue evaluado utilizando un electrodo comercial Ag/AgCl y una pseudo-referencia (Pseudo-RE) de pasta Ag/AgCl. Asimismo, el sensor LIG/AuNPs mostró una respuesta electroquímica para la detección no enzimática de ácido úrico en PBS, empleado como medio fisiológico. Los principales resultados se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados electroquímicos obtenidos para la detección de pH y A.U.

Sistema	Resultado	
LIG/PANI+ Ag/AgCl	52.6 mV/pH	
LIG/PANI+ Pseudo-RE	56.6 mV/pH	
LIG/AuNPs (PBS,500 µM A.U.)	Epa:0.228 V	

4. CONCLUSIONES

La plataforma propuesta demuestra la viabilidad de una arquitectura electroquímica multiplexada para la detección secuencial de pH y ácido úrico. El sensor de pH mantuvo su desempeño en el intervalo alcalino de interés clínico, mientras que el LIG/AuNPs permitió la detección no enzimática de ácido úrico en la misma plataforma.

5. REFERENCIAS

[1] Secretaría de Salud, *Informe trimestral SVEHDMT Tercer trimestre 2025*, Gobierno de México, Ciudad de México (2026).

[2] J. L. Burgess, W. A. Wyant, B. Abdo Abujamra, M. S. Kirsner, I. Jozic, *Medicina*, **57**, 1072 (2021).

[3] A. Pusta, M. Tertiș, C. Cristea, S. Mirel, *Biosensor* **12**, 1 (2022).

División 2

Ingeniería Electroquímica y Aplicaciones Tecnológicas (IE)

Trabajos Carteles

Tratamiento de aguas residuales cafetaleras por métodos electroquímicos empleando un reactor-sedimentador en modo continuo

Presentación **Poster**

K.A. Monico Castellanos[1], L.A. Velázquez Herrera[1], J. Vicente Martínez, N. Gutiérrez Casiano, E. Hernández Aguilar[2*]

[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Región Orizaba-Córdoba.

E-mail: eduhernandez@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación de aguas residuales cafetaleras es un problema ambiental derivado del crecimiento industrial y el aumento en el consumo de agua, lo que genera efluentes que afectan los ecosistemas y la salud [1]. Entre los métodos de tratamiento, los procesos electroquímicos como la electrofloculación destacan por su eficiencia en la eliminación de contaminantes mediante reacciones de oxidación y reducción [1,2].

El reactor sedimentador es un sistema económico que permite la sedimentación de sólidos y la digestión de lodos. Su combinación con métodos electroquímicos forma un sistema híbrido que mejora la eliminación de contaminantes y la calidad del agua tratada [3].

2. METODOLOGÍA

Se diseñó y construyó un sistema experimental que integra un reactor continuo con un proceso electroquímico, utilizando electrodos de aluminio en módulos tubulares. Se evaluó la efectividad de las condiciones de operación usando un potencial eléctrico de 25V durante 0 a 90 minutos. Se realizaron pruebas con aguas residuales de una industria cafetalera para analizar la eficiencia en la remoción de contaminantes y color. Finalmente, se analizaron los resultados considerando turbidez, DQO, pH, sólidos totales y se evaluaron aspectos técnicos y ambientales para determinar la viabilidad del sistema.

3. RESULTADOS

Se logró remover el 98.2% de turbidez y el 59.8% de solidos totales en un tiempo de 90 min. La mejor remoción de DQO ocurrió a los 60 min de operación en donde se remueve un 85%, por otro lado, el pH incrementó de 4.64 a 6.87. Este cambio hacia la neutralidad afectó significativamente la operación del sistema. En la Tabla 1 se muestra el cambio de diferentes parámetros con respecto al tiempo.

Tabla 1. Resultados de la DQO, turbidez y SST

Tiempo	0	30	60	90
DQO (mg/L)	5705	1233	857	1066
Turbidez (NTU)	186	13.08	7.93	3.41
SST (mg/L)	2280	1575	1042	917

4. CONCLUSIONES

El tratamiento electroquímico es altamente eficaz para la depuración de aguas residuales. La operación logró reducciones críticas de turbidez (98.2%), sólidos totales (59.8%) y DQO (85.0%). Asimismo, la elevación del pH de 4.64 a 6.87 ayudó a que el proceso fuese efectivo, siendo así este reactor una buena alternativa.

5. REFERENCIAS

[1] J. M. Pardo Carranza, *Research of electrochemical process implementation for wastewater and leachates decontamination*, p. 1-80, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, (2017).

[2] R. Fu, P. Zhang, Y. Jiang, L. Sun, X. Sun. *Chemosphere*, vol. 311, 136993, (2022).

[3] J. Estrada-García, K. Díaz-Castellanos, N. Gutiérrez-Casiano, L. A. Sánchez-Bazán, J. A. Cobos-Murcia, E. Hernández-Aguilar. *Evaluación de una configuración de electrodos en un tanque Imhoff propuesta por un estudio CFD*, Universidad Veracruzana, Orizaba, (2019).

Métodos electroquímicos asistidos por aireación en continuo para aguas residuales de café.

Presentación en **Poster**

K.C. Chávez Sánchez., E. Hernández Aguilar., C.A. Ortiz Sanchez., N. Gutiérrez Casiano., J. Estrada García., L. A. Velázquez Herrera. *

[1] Facultad de Ciencias Químicas región Orizaba-Cordoba, Universidad Veracruzana.
Prolongación Ote. 6, 94340 Orizaba, Veracruz.
E-mail: luisvelazquez@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN.

El tratamiento de aguas residuales generadas en la producción de café tostado en una industria del centro del estado de Veracruz es un problema ambiental, debido a la alta carga orgánica contenida, y a la alta demanda química de oxígeno (DQO); afectando la calidad de los cuerpos de agua a los que se liberan [1]. Los métodos electroquímicos en comparación con los metodos tradicionales permiten una remoción más eficiente de contaminantes, como la electrocoagulación, son considerados una alternativa eficiente y sustentable, al ser asistidos por aireación tienen la ventaja de una mejor remoción de contaminantes, con el menor uso de químicos, rápida operación y generación de lodos más fáciles de manejar, siendo una alternativa sustentable y efectiva, al emplear electrodos de aluminio-zinc [2].

2. METODOLOGÍA

El tratamiento se llevó a cabo mediante un metodos electroquímicos asistidos por aireación en un reactor tipo Batch en continuo con electrodos de Zn-Al conectados a una fuente de poder marca NICE-POWER, modelo SPS-305. En la Tabla 1 se plantean las variables de respuesta que se analizaron durante el proceso electroquímico. Por otro lado, las variables independientes fueron el tiempo de operación evaluado en intervalos de 15 a 90 min, con potenciales eléctricos de 25 a 30 Vols, Figura 1.

Figura 1. Tratamiento de Aguas Residuales del Café [3].

Tabla 1. Técnicas para el análisis de las muestras

Parámetro	Norma Mexicana
pH.	NMX-AA-008-SCFI-2016 [3]
Turbidez	NMX-AA-038-SCFI-2001 [4]
DQO	MICRO- MÉTODO (TÉCNICA COLORIMÉTRICA) [5]

3. RESULTADOS

En la Tabla 2 se presenta la cinética del tratamiento realizado donde se observa que, a 90 min, se obtuvo una remoción aprox. del 62% de DQO, 91% de turbidez y 94% de sólidos totales, con esto se puede demostrar la eficacia del proceso para la eliminación de los contaminantes.

Tabla 2. Variación de parámetros fisicoquímicos durante el electroquímicos asistidos por aireación

Tratamiento	Potencial eléctrico (V)	Tiempo de operación (min)	Sólidos totales (g/L)	Turbidez (NTU)	DQO (mg/L)	pH
Inicial	30	0	97.43	54.5	2212.66	5
M1	30	25	92.69	2.735	1433	5
M2	30	60	44.83	1.6575	1033	6
M3	30	90	5.79	4.875	833	6

4. CONCLUSIONES

El método electroquímico asistido por aireación en continuo demostró su eficiencia en el tratamiento de aguas residuales de café, alcanzado una remoción del 62% de DQO a un tiempo de operación de 90 min con electrodos de Zn-Al. Se observó una reducción significativa de la turbidez y sólidos totales, y la estabilización de pH, evidenciado su potencial como alternativa sustentable para este tipo de efluentes.

5. REFERENCIAS

[1] B. L. Monzón-Reyes et al., *Ecological Engineering*, **222**, (2026).
[2] T. R. Devlin et al., *Journal of Hazardous Materials*, **368**, (2019).
[3] Microsoft Copilot. (2026). *Tratamiento de aguas residuales de café* [Imagen generada por IA].
[4]DOF, *NMX-AA-008-SCFI-2016*, (2016).
[5]DOF, *NMX-AA-038-SCFI-2001*, (2001).
[6] DOF, *NMX-AA-030/2-SCFI-2011*, (2011).

Evaluación de un sistema móvil de electrodos en un tanque electroquímico sedimentador

Presentación **Poster**

A. Vázquez -González[1], J. Estrada -Garcia[1] J. M. Rangel-Solaba[2], L.A. Velázquez Herrera[1], E. Hernández -Aguilar[1], N. Gutiérrez -Casiano[1*]

[1]Facultad de Ciencias Químicas - Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana.

[2]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana.

E-mail: nagutierrez@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN.

La contaminación de cuerpos de agua por diversas industrias cafetaleras presenta un grave problema ambiental puesto que la NOM-001-SEMARTAT-2021 [1] establece los límites máximos permisibles de contaminantes en la descarga de aguas residuales y evaluación de estos como lo son DQO, turbidez, solidos totales.

El tanque electroquímico sedimentador es una técnica eficiente para la separación de fases, la naturaleza compleja de las aguas residuales como son las de café, exigen prolongados tiempos de remoción. En este contexto, la integración de un sistema innovador de electrodos móviles de aluminio se plantea como una alternativa sostenible: esta sinergia mitiga la pasivación anódica mediantes el dinamismo de las placas ya acelera la desestabilización, de la carga orgánica a potencial constante, optimizando las zonas de decantación nativas del tanque [2].

2. METODOLOGÍA

La metodología, se estructuró en tres etapas consecutivas. Inicialmente se realizó la caracterización fisicoquímica del agua residual de la industria cafetalera principalmente DQO, Solidos totales, turbidez, de acuerdo con las especificaciones analíticas vigentes en la NOM-001-SEMARTAT-2021. Posteriormente, se llevó a cabo el tratamiento electroquímico a escala laboratorio mediante la operación de un sistema acoplado a un tanque sedimentador utilizando una configuración innovadora de electrodos móviles de aluminio; las corridas experimentales se ejecutaron a tiempo constante de 30, 60 y 90 minutos con un potencial eléctrico constante de 30 V, Finalmente, la evaluación del sistema se determinó mediante el cálculo de los porcentajes de remoción de la carga orgánica y el análisis del consumo energético específico.

3. RESULTADOS

El Sistema logró una remoción máxima de Solidos totals (ST) del 88% y de DQO del 85% a los 60 minutos (30V). El Sistema móvil de placas de aluminio evitó la pasivación del ánodo. Al comparer con Torres-Sánchez et al. (2024) [3], quienes obtuvieron un 73% de remoción de sólidos usando electrocoagulación convencional con placas fijas en efluenten cafetaleros, este diseño móvil superó la eficiencia en un 15% debido a una major transferencia de masa y la optimización de la decantación nativa del tanque electroquímico sedimentador.

4. CONCLUSIONES

El acoplamiento de electrodos móviles de aluminio al tanque electroquímico sedimentador es una alternativa eficiente para el agua residual cafetalera. La configuración monopolar alcanzó remociones superiores al 85% en ST y DQO a los 60 minutos, disminuyendo los tiempos de retención convencionales y garantizando el cumplimiento de la **NOM-001-SEMARNAT-2021**.

5. REFERENCIAS

[1] Diario Oficial de la Federación, *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021*, Segob, México, (2022).

[2] B.C.N. Chile, *Informe Técnico: Tecnologías de Tratamiento de Aguas Residuales*, Rep. 25552, 1, (2018).

[3] O. L. Torres-Sánchez, M. J. Amaya-Gómez, J. M. Limón-Rodríguez, *Evaluación de la electrocoagulación para el tratamiento de aguas de lavado de café*, Revista Ion, 27, 45-53, (2014).

Degradación de azul de metileno mediante reactores electroquímicos cilindricos de tipo pistón en serie.

Presentación **Poster**

Jacinto-Solis S.I.[1], Gutiérrez-Casiano N.[1,2], Hernández-Aguilar E.[1,2], Estrada-García J.[1], Leyva-Luna J.M.[2], Velazquez-Herrera L.A.[1]

[1] Facultad de Ciencias Químicas – Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana, Ote. 6 No. 1009, Col. Rafael Alvarado, Orizaba, Veracruz, C.P. 94340, México.

[2] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias – Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana, Calle Josefa Ortiz de Domínguez s/n, Col. Centro, Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz, C.P. 94945, México.

E-mail: luisvelazquez@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La descarga de efluentes hídricos con colorantes sintéticos, como el azul de metileno (AM) representa un problema ambiental al disminuir el oxígeno disuelto y liberar subproductos dañinos. Frente a los métodos convencionales que suelen contaminar y generan residuos secundarios, los procesos de oxidación electroquímica avanzada (POEA) destacan por su alta eficiencia de remoción [1]. En estos sistemas, el uso de electrodos de grafito es altamente atractivo debido a su viabilidad económica, buena conductividad eléctrica y estabilidad química [2]. La degradación de los contaminantes ocurre mediante la generación *in situ* de de la electrolisis indirecta [2, 3]. Dado que la mayoría de las investigaciones operan en modo discontinuo, este estudio plantea la degradación de AM en reactores electroquímicos tipo pistón conectados en serie, determinando las variables operacionales [3].

2. METODOLOGÍA

Para evaluar los parámetros operacionales en el sistema continuo se implementó un diseño factorial 2^3 con análisis de varianza, analizando el potencial eléctrico (20 y 25 V), el tiempo de operación (60 y 120 min) y la concentración de NaCl (1 y 2 g/L) como electrolito de soporte. Se empleó una solución sintética de AM (0.0005% p/v) en un sistema de 2 reactores de PVC en serie con electrodos de grafito comerciales. Se tomaron muestras cada 10 minutos para determinar la concentración mediante espectrofotometría UV-Vis, utilizando el ANOVA para establecer estadísticamente los efectos significativos sobre la remoción del colorante.

3. RESULTADOS

El análisis de varianza arrojó un coeficiente de determinación R^2 = 0.8051, y una remoción de colorante de 84.3ó%. Este rendimiento y control sobre la remoción del colorante AM en el sistema se alcanzó operando a 25V, demostrando la viabilidad técnica del proceso bajo condiciones controladas de operación. La figura 1 muestra la cinética con la eficiencia de degradación mencionada.

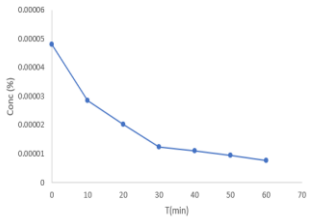


Figura 1. Cinética con mejores condiciones de degradación de AM.

4. CONCLUSIONES

El reactor en serie demostró una alta viabilidad técnica para la degradación de AM. El análisis estadístico ratifico que las condiciones operativas a un potencial eléctrico de 25 V y una concentración de 2g/L de NaCl durante 60 minutos determina la concentración de colorante.

5. REFERENCIAS

[1] L. D. Ardila-Leal, R.A. Poutou-Piñales, A. M. Pedroza-Rodriguez, B. E. Quevedo-Hidalgo, *Molecules*, *26*, 3813, (2021).

[2] F. M. da Silva, F. Orssatto, O. D. Leite, M. L. Falchi, B. M. Gomes, *Desalination and Water treatment*, **320**, 100717, (2024).

[3] A. Y. Goren, Y. K. Recepoğlu, Ö. Edebali, C. Sahi M. Genisoglu, H. E. Okten, *ACS Omega*, **7**, 3264 (2022).

Estudio experimental y simulación del blanqueamiento electrolítico del caolín: efecto del tiempo y distribución de densidad de corriente.

Presentación **Poster**

E. M Rodriguez Vigueras[1], I. Aldana Rivera[1], V. E. Reyes Cruz[1*], J. A. Cobos Murcia[1], A. G. Maldonado Bautista[1], G. Reyes Urbano[1].

[1]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Pachuca, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184.

E-mail: reyescruz16@yahoo.com

1. INTRODUCCIÓN

El blanqueamiento del caolín es imprescindible para productos utilizados en; industria farmacéutica, papelera, cerámicos y pinturas. Algunas investigaciones han dado parte del blanqueamiento de caolín por métodos electroquímicos; evidenciado que el desarrollo industrial de este proceso se encuentra en constante evolución [1]. Es por ello que en esta investigación se lleva a cabo el blanqueamiento de caolín y una simulación de este proceso electroquímico.

2. METODOLOGÍA

El electrolito se preparó a partir de una muestra de; 50 ml de agua, poliacrilato de sodio 0.7gr como dispersante, ácido oxálico 5 gr como agente lixiviante y se agregó 20 gr de caolín a la solución, agitando por 10 minutos hasta su correcta mezcla en solución. La electrolisis se llevó a cabo en condiciones potenciostáticas a un valor de 4 volts, con una cinética de 24 horas y registros de la corriente eléctrica de intervalos de 10 minutos. Los parámetros en la simulación utilizados corresponden a las condiciones de operación reales; tomando en cuenta un estudio temporal de 24 horas, usando la reacción de reducción de Fe y la electrolisis del H_2O como reacciones concomitantes.

3. RESULTADOS

En la figura 1a se aprecia que la densidad de corriente disminuyó conforme se incrementa el tiempo de electrolisis, estabilizándose en el intervalo de 0 a 4 horas con un valor inicial de 680.81 a 184.21 A/m^2, debido a las reacciones concomitantes. En la figura 1b se observa que el caolín inicial presenta una coloración rojiza y también se aprecia que después de la electrolisis de 24 horas el caolín se ha blanqueado. En la figura 1c, se aprecia una distribución uniforme de densidad de corriente al centro y elevada en las orillas de los electrodos con valores de 744.17 y 1802.8 A/m^2 respectivamente. Lo cual propicia la aglomeración física del caolín que se presenta en el ánodo. Además, los resultados de la simulación son similares a los datos experimentales en las primeras 4 horas de electrolisis.

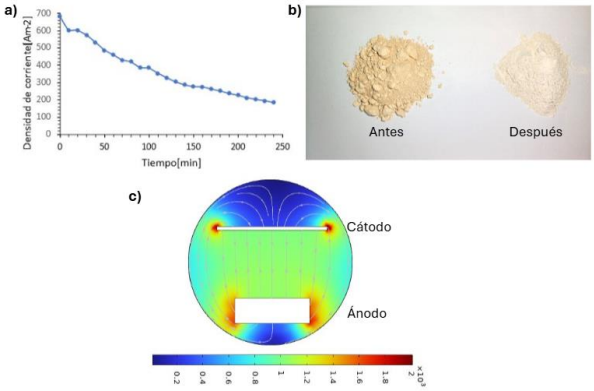


Figura 1- a) Estudio crono-amperométrico de blanqueamiento de caolín. b) Muestras de caolín antes y después del blanqueamiento. c)Simulación de densidad de corriente en el electrolito presente en el reactor.

4. CONCLUSIONES

Los estudios electroquímicos de imposición de 4 volts revelaron que el proceso tiene una caída en la densidad de corriente debido a reacción es secundarias de evolución de hidrogeno. El estudio reprodujo la tendencia experimental de las densidades de corriente en las primeras 4 horas de la experimentación que validan el mecanismo de reacción considerado el modelo de distribución de densidades de corrientes secundarias.

5. REFERENCIAS

[1] J.A. Cobos Murcia., E, Hernández Aguilar., A, Trujillo Estrada., G, Gallegos Ortega., & VE, Reyes Cruz. *Minerales arcillosos*, *57* (3-4), 183-191, (2022).

División 3

Electroquímica Molecular y Bioelectroquímica (EMB)

Trabajos Orales

Evaluación electroquímica de la capacidad antioxidante y actividad antibacteriana del extracto de *Acanthocereus tetragonus*

Presentación **Oral**

F.J Arenas Domínguez[1], A.C Espindola Flores[2*], E. Onofre Bustamante[2]

[1]Universidad del Noreste, Área de Ciencias Químico Biológicas, Prolongación Avenida Hidalgo No. 6315 Colonia Nuevo Aeropuerto, Tampico. Tam. México, C.P. 89337.

[2]Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Altamira, grupo de investigación BioReCon+Sustentabilidad, Red de Medio Ambiente. Carretera Tampico-Puerto Industrial Altamira Km 14.5, C. Manzano, Industrial Altamira, 89600 Altamira, Tamps.

E-mail: aespindolaf@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN.

La resistencia bacteriana a antibióticos convencionales representa una problemática crítica en el ámbito de la salud pública. El uso de extractos de origen natural emerge como una opción viable. Los flavonoides y compuestos fenólicos, tienen propiedades antibacterianas y antioxidantes, han sido ampliamente documentadas, por su interacción con la microbiota intestinal y su papel en la prevención de enfermedades metabólicas e inflamatorias[1].

2. METODOLOGÍA

La metodología consistió en preparar un extracto base etanol, analizarlo por la técnica de FTIR para identificar los compuestos de interés, así como un perfil fitoquímico para identificar de forma cualitativa los compuestos bioactivos y de forma cuantitativa los compuestos fenólicos y flavonoides por la técnica de UV-Vis. Por la técnica de voltametría cíclica se identificó la capacidad antioxidante, utilizando una solución buffer de fosfatos (K_2HPO_4 y KH_2PO_4 0.1 M, pH 7.4) y extracto en proporción 9:1, empleando una velocidad de barrido de 100 mV/s durante 3 ciclos. Finalmente, se realizó la evaluación de la actividad *in vitro* mediante pruebas de inhibición del crecimiento bacteriano con el método de copas Oxford.

3. RESULTADOS

Los resultados del análisis químico demostraron la presencia de esteroides, terpenoides, taninos, saponinas, alcaloides, flavonoides, fenoles. Estos últimos se confirmaron mediante la técnica de FTIR Por UV-Vis se determinó una concentración de 0.07 mg/mL de fenoles totales. En el voltamograma se identificó un pico de oxidación anódica a potenciales bajos (387 mV vs Ag/AgCl), lo que demuestra la capacidad de reducción de los compuestos fenólicos con un grupo orto-difenilo, como establecen Kilmartin et al. (2001)[2]. Finalmente, el método de copas Oxford reveló un halo de inhibición de 16mm y 20 mm para *E.coli* y *K. pneumoniae* respectivamente.

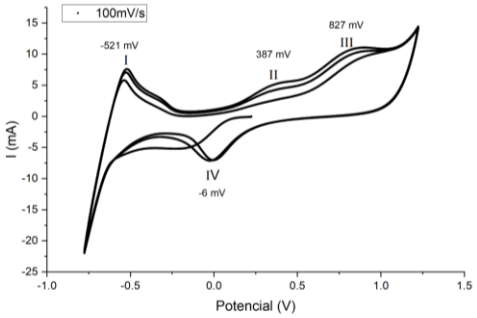


Figura 1. Voltamograma cíclico de extracto etanólico de *Acanthocereus tetragonus.*

4. CONCLUSIONES

El extracto de la cactácea *Acanthocereus tetragonus* representa una fuente natural de metabolitos secundarios con una concentración fija de fenoles totales de 0.07mg/mL. Su capacidad antioxidante, fundamentada electroquímicamente a través de sus picos de oxidación anódica. De este modo, se validan científicamente y se sientan las bases para el aprovechamiento industrial y sostenible de plantas adaptadas a climas extremos en el desarrollo de nuevas alternativas fitofarmacéuticas.

5. REFERENCIAS

[1] Waterer G W and Wunderink R G 2001 Increasing threat of Gram-negative bacteria Crit. *Care Med.* 29 75–81.

[2] Kilmartin P A, Zou H and WaterhouseA L 2001 A cyclic voltammetry method suitable for characterizing antioxidant properties of wine and wine phenolics *J. Agric. Food chem* **49** 1957–65

Efectos de la posición del grupo nitro en las propiedades electroquímicas e interfaciales de películas de nitrofenilacetato obtenidas por *electrografting*

Presentación **Oral**

J. A. Soria-Miratalla[1], F. J. González-Bravo[1*]

[1]Departamento de Química, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, 07360, CDMX, México.

E-mail: jose.soria@cinvestav.mx

1. INTRODUCCIÓN

La modificación de superficies permite obtener materiales con propiedades fisicoquímicas ajustables, por lo que se ha convertido en un área de interés para obtener plataformas funcionales destinadas a aplicaciones tales como el almacenamiento de energía, sensores, remediación ambiental y desarrollo de recubrimientos anticorrosivos, entre otras [1,2]. Dentro de este marco, las metodologías electroquímicas, específicamente el *electrografting*, destacan por su versatilidad y simplicidad para la obtención de nuevos materiales [1,3]. En esta perspectiva, se estudia la modificación de electrodos de carbón vítreo (GC) a partir de moléculas derivadas de los ácidos orto-, meta- y para-nitrofenilacético, con el objetivo de evaluar cómo la posición del grupo nitro respecto del radical generado influye en el crecimiento y las propiedades de la película.

2. METODOLOGÍA

Los electrodos de GC fueron modificados por *electrografting* de los ácidos orto-, meta- y para-nitrofenilacético mediante voltamperometría cíclica en acetonitrilo con *n*-Bu_4NPF_6 (0.1 M) como electrolito soporte y *n*-Bu_4NOH (4 mM) para generar in situ los carboxilatos correspondientes. La electroactividad de las películas obtenidas se evaluó en soluciones de *n*-Bu_4NPF_6 y Me_4NPF_6 (0.1 M).

3. RESULTADOS

Se estudió la oxidación de los isómeros orto-, meta- y para-nitrofenilacetato mediante voltamperometría cíclica en electrodos de GC. En los tres casos se observó un pico anódico químicamente irreversible entre 1.14 y 1.18 V/SCE, así como una disminución progresiva de la corriente durante 20 ciclos, indicando la formación de una película covalentemente unida.

En las pruebas de electroactividad, los electrodos modificados presentaron señales redox asociadas a la reducción del grupo nitro, confirmando el anclaje de las películas. La definición de los picos mejoró al emplear Me_4NPF_6 como electrolito soporte, siendo más evidente para el isómero meta, seguido del para y del orto.

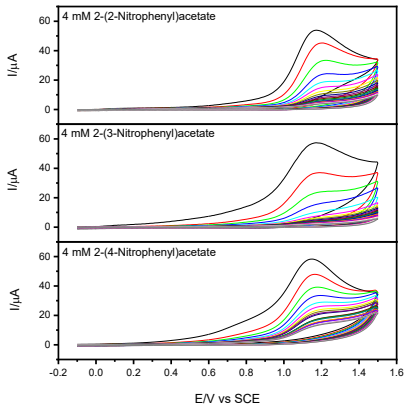


Figura 1. Respuesta voltamperométrica de oxidación de los isómeros orto-, meta- y para-nitrofenilacetato (4 mM) en acetonitrilo + 0.1 M n-Bu_4NPF_6, sobre un electrodo de carbón vítreo a 0.1 V s^{-1}

4. CONCLUSIONES

La oxidación electroquímica de los isómeros orto-, meta- y para-nitrofenilacétato, genera una película covalente sobre el electrodo de GC, como lo demuestran la disminución de corriente anódica y la actividad redox de los electrodos modificados. Esto abre oportunidades para su uso en aplicaciones electroquímicas.

5. REFERENCIAS

[1] D. Bélanger & J. Pinson, *Chemical Society Reviews*, **40**, 3995, (2011).

[2] E. Lebègue, T. Brousse, J. Gaubicher, R. Retouxc & C. Cougnon, *J. Mater. Chem. A*, **2**, 8599, (2014).

[3] D. Morales-Martínez & F. J. Gonzalez-Bravo, *Electrochimica Acta*, **425**, 140693, (2022).

Adaptaciones morfofisiológicas en *Arabidopsis thaliana* bajo estimulación eléctrica y biológica

Presentación Oral

Francisco Ivan Martínez-Hernández[1], Enrique González-Pérez[2], Juan Francisco Jiménez-Bremont[2], Laura Yañez-Espinosa[3], Ignacio González[4], Ernesto Badano[1], Luis Felipe Cházaro-Ruiz[1], Joel Flores[1]

[1] División de Ciencias Ambientales, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, Camino a la Presa San José 2055, Lomas 4ª. Sección, San Luis Potosí, S.L.P., C.P. 78216 México, México

[2] División de Biología Molecular, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, Camino a la Presa San José 2055, Lomas 4ª. Sección, San Luis Potosí, S.L.P., C.P. 78216 México, México

[3] Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México

[4] Departamento de Química, Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, Apdo, Postal 55-534, 09310, Ciudad de México 09340, México

e-mail: francisco.martinez@ipicyt.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El electrocultivo es un proceso en que se aplica un estímulo eléctrico al soporte de crecimiento de plantas [1]. Con ello, se ha observado un incremento en la germinación de semillas, el crecimiento de plantas y la calidad de los frutos. Por otra parte, *Trichoderma atroviride* es un hongo promotor del crecimiento vegetal que establece simbiosis con las raíces de *Arabidopsis thaliana*. Se propone que la combinación de ambos estímulos podría modificar procesos morfofisiológicos relacionados con la absorción de agua y nutrientes minerales, afectando también los procesos fotosintéticos. Se implementó un método basado en control galvanostático para seleccionar la magnitud de estímulo eléctrico aplicado al medio de cultivo semi-hidropónico compuesto de arena y solución nutritiva, para minimizar la manifestación de procesos fisicoquímicos que influyen en la disponibilidad de los nutrientes minerales.

2. METODOLOGÍA

Plántulas de *A. thaliana* con 10 días de desarrollo se transfirieron a cuatro sistemas de cultivo semi-hidropónicos idénticos que recibieron los siguientes tratamientos. En uno, las plantas solo se inocularon con esporas de *T. atroviride* (T1). En otro, se aplicó solo un estímulo eléctrico de 0.026 mA/cm^2 (T2). El tercero recibió ambos estímulos (T3), y el cuarto no recibió ninguno (control). A los 15 y 35 días de desarrollo, se midieron variables fisiológicas relacionadas con la absorción de agua, la fotosíntesis y el crecimiento.

3. RESULTADOS

Las plántulas de *A. thaliana* de 15 días sujetas a ambos estímulos generaron adaptaciones morfofisiológicas que incrementaron su contenido de agua en un 15% con respecto a al control. A los 35 días, la estimulación eléctrica (T2) afectó positivamente en el proceso fotosintético, incrementando el contenido de clorofila total y el rendimiento cuántico del fotosistema II (ϕ_{PSII}). El tratamiento combinado (T3) tuvo un impacto positivo en el crecimiento, aumentando la biomasa total de las plantas.

4. CONCLUSIONES

La estimulación eléctrica individual o en conjunto con *T. atroviride* induce cambios morfofisiológicos que mejoran la absorción y transporte de agua en las raíces de *A. thaliana*. Esto también estimula el proceso fotosintético y el crecimiento de las plantas.

5. REFERENCIAS

[1] F. I. Martínez Hernández *et al*., *Journal of Electrostatics*, **Vol. 142,** 10434, (2026).

Activación electroquímica para la ruptura selectiva del enlace O-N: desaminación reductiva de alcoxiaminas.

Presentación **Oral**

D. J. Díaz Maldonado[1], J. M. Ramos Villaseñor[2], B. A. Frontana Uribe[2*]
[1]Departamento de Química Orgánica. Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable. UAEM-UNAM, km 15.5 Carretera Toluca-Atlacomulco, Toluca 50200, México.
[2]Departamento de Química Orgánica. Instituto de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Ciudad de México 04510, México.
E-mail: danery.jdm.10@gmail.com; bafrontu@unam.mx

1. INTRODUCCIÓN.

Las hidroxil lactonas y lactamas son intermediaros versátiles y fundamentales en la síntesis de productos naturales [1]. En este trabajo, la desaminación de alcoxiaminolactamas y lactonas se llevó a cabo electroquímicamente por vía catódica. La transformación electroquímica se realizó con una variedad de materiales de electrodos, siendo el de bismuto-estaño el que obtuvo los mejores resultados. Se utilizó un electrodo de magnesio como electrodo de sacrificio, evitando reacciones de oxidación no deseadas [2]. Las reacciones se llevaron a cabo en solución acuosa de etanol y ácido acético. Este procedimiento electroquímico representa una alternativa más respetuosa con el medio ambiente en comparación con el método tradicional de desaminación reductiva, que requiere cantidades excesivas de zinc (40 equivalentes) [3].

2. METODOLOGÍA

Mediante voltamperometría cíclica se analizaron las propiedades redox de los sustratos y se determinó su actividad electroquímica. Luego se realizó electrólisis con distintos materiales como cátodo y un electrodo de sacrificio de magnesio. Al finalizar la reacción, se realizó una extracción, una purificación por cromatografía en columna y una caracterización por resonancia magnética nuclear.

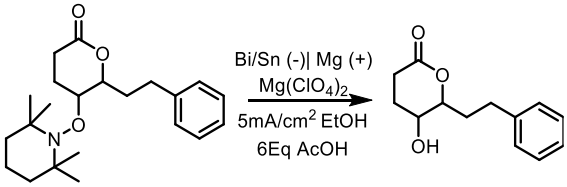
3. RESULTADOS

El primer sustrato utilizado fue una alcoxiaminolactona. Las reacciones de exploración se realizaron en etanol y 6 equivalentes de ácido acético, utilizando perclorato de magnesio como electrolito de soporte.

Tabla 1. Exploración de condiciones de reacción

Entrada	Electrodo	Carga aplicada	Rendimiento
1	BDD	6 F/mol	28%
2	Bronce/Plomo	6 F/mol	55%
3	Bismuto/Estaño	6 F/mol	64%
4	Bismuto	6 F/mol	25%
5	Estaño	6 F/mol	56%

Gráfica 1. Reacción de desaminación reductiva.



4. CONCLUSIONES

Se desarrolló una metodología simple para la desaminación electroquímica de alcoxiaminolactonas a sus correspondientes hidroxi lactonas. Es una alternativa más respetuosa con el medio ambiente, ya que reduce las cantidades excesivas que se utilizaban tradicionalmente. Además, provee una estrategia de síntesis mediante la funcionalización de sustratos con el grupo TEMPO.

5. REFERENCIAS

[1] S.K. Santori, G. Díaz Muños, *Tetrahedron,* 84, 132001 (2021).
[2] D.L. Boger, J.A. McKie, *J Org. Chem,* 60, 1271, (1995).
[3] J. Romero Ibáñez, S. Cruz Gregorio, L. Quintero, S. Bernes, M. González Perea, *Tetrahedron Letters,* 21, 152279, (2020).

La huella interfacial de piocianina: Simulación y ajuste de voltamperometría cíclica mediante un modelo difusión–adsorción tipo Frumkin

Presentación **Oral**

J. A. Pérez Garcia[1], R. Hernandez-Posadas[1], A. X. Maldonado Pérez[1], J. de J. Pérez Bueno[1], Y. Reyes-Vidal[1*]

[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C. (CIDETEQ), Pedro Escobedo, Querétaro, México.

E-mail: mreyes@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

La piocianina (PYO), fenazina redox producida por *Pseudomonas aeruginosa*, participa en la transferencia extracelular de electrones y puede interactuar con electrodos de carbono, modificando los perfiles de voltamperometría cíclica (VC) y la cinética aparente de transferencia electrónica [1]. Aunque la adsorción de moléculas redox se ha modelado con isotermas tipo Frumkin en derivados de ferroceno [2,3], su aplicación a PYO aún es limitada. Este trabajo propone un ajuste inicial de VC que combina difusión, adsorción débil e interacción superficial.

2. METODOLOGÍA

Se analizaron datos experimentales de VC de PYO en electrodo de carbono mediante un modelo implementado en Python/Google Colab. El ajuste consideró la contribución difusional, adsorbida, capacitiva y de línea base. La adsorción se describió mediante la isoterma de Frumkin:

$$\frac{\theta}{(1-\theta)} = k_{ads} C_s e^{-gF\theta} \text{ [Ec. 1]}$$

mientras que la corriente total se expresó como:

$$i_{tot} = i_{dif} + i_{ads} + i_{cap} + i_{base}$$

Se emplearon C_{bulk} = 0.49 mM, D = 5.0×10⁻⁶ cm² s⁻¹, n=2, v=100 mV s⁻¹, A=0.071 cm² y T=298.15 K.

3. RESULTADOS

El ajuste reprodujo adecuadamente la VC experimental, con R^2=0.96, RMSE=2.30 µA y MAE=1.64 µA (Figura 1). Se obtuvieron $E_{0,dif}$=-0.24 V y $E_{0,ads}$=-0.23 V, sugiriendo una fracción superficial redox con potencial ligeramente desplazado. El modelo estimó K_{ads}=3.06×10⁴ L mol⁻¹, Γ_{max}=1.0×10⁻⁹ mol cm⁻² y gF=-9.92, asociado con interacción atractiva. La energía fue ΔG_{int}=-24.6 kJ mol⁻¹. La cobertura calculada indicó saturación durante el barrido, por lo que los valores deben considerarse preliminares y dependientes del conjunto de datos.

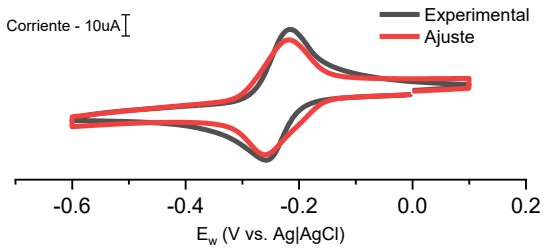


Figura 1. Curva VC de PYO y su ajuste empleando el modelo de Ec. 1 (Isoterma Frumkin)

4. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la respuesta de PYO no se describe únicamente por difusión, sino que requiere una contribución superficial asociada con adsorción y posible interacción atractiva sobre carbono. El modelo permitió obtener parámetros electroquímicos, interfaciales y estadísticos en un solo flujo de ajuste, generando una base para comparar concentraciones y velocidades de barrido. Como perspectiva, será necesario realizar ajustes globales multi-experimentales para reducir correlaciones entre K_{ads}, Γ_{max} y gF.

5. REFERENCIAS

[1] J. A. Pérez-García, F. J. Bacame-Valenzuela, F. Espejel-Ayala, L. Ortiz-Frade, Y. Reyes-Vidal, *Electrochimica Acta*, **445**, 142014, (2023).

[2] A. S. Cuharuc, G. Zhang, P. R. Unwin, *Physical Chemistry Chemical Physics*, **18,** 4966, (2016).

[3] N. Kurapati, P. Pathirathna, R. Chen, C. J. Ziegler, S. Amemiya, *Analytical Chemistry*, **90,** 13632, (2018).

RGO/ABTS como medidor redox para el desarrollo de la detección de anticuerpos contra el virus Zika

Presentación **Oral**

B. A. Gómez Rodríguez[1*], R. A. Fireman-Dutra[2*]

[1]Facultad de Física, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México

[2]Departamento de Ingeniería Biomédica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

E-mail: blangomez@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

El virus Zika es un problema de salud pública debido a su asociación con complicaciones neurológicas y alteraciones congénitas. Por ello, la detección temprana es de gran interés. En este sentido, los inmunosensores electroquímicos constituyen una alternativa atractiva, ya que permiten detectar interacciones antígeno-anticuerpo mediante señales eléctricas. El uso de materiales, como el óxido de grafeno reducido (RGO), favorece la transferencia electrónica [1]. Además, la incorporación de ABTS como mediador redox permite mejorar la respuesta electroquímica del sistema. En este trabajo se presenta el desarrollo preliminar de una plataforma inmunosensora basada en un electrodo de carbono vítreo modificado con RGO/ABTS para la detección de anticuerpos Anti-ZikV mediante la técnica de cronoamperometría.

2. METODOLOGÍA

La síntesis de RGO fue mediante la reducción del óxido de grafeno. Primero el óxido de grafeno fue reducido térmicamente a 500 °C. El material RGO se dispersó en una solución de ABTS y se mantuvo en agitación durante 48 h. Posteriormente, el nanocompuesto RGO/ABTS fue lavado, centrifugado y secado. Para modificar el electrodo, se depositaron alícuotas de la suspensión de RGO/ABTS sobre un electrodo de carbono vítreo (ECV). La superficie modificada fue evaluada mediante voltametría cíclica y cronoamperometría en KCl 0.1 M

3. RESULTADOS

La caracterización por microscopía electrónica de barrido mostró que el ECV presentó una superficie lisa, mientras que el electrodo modificado con RGO/ABTS mostró una película rugosa y homogénea debido al grafeno. La respuesta electroquímica evidenció que el electrodo sin modificar presentó corrientes menores a 5 µA, mientras que la incorporación de RGO aumentó la señal hasta aproximadamente 30 µA. Al añadir ABTS, se observaron picos redox definidos alrededor de 0.52 V y 0.48 V, correspondientes al proceso $ABTS^{2-}/ABTS^{\bullet-}$. Además, el sistema RGO/ABTS incrementó el área electroactiva en 191.64 % respecto al electrodo base

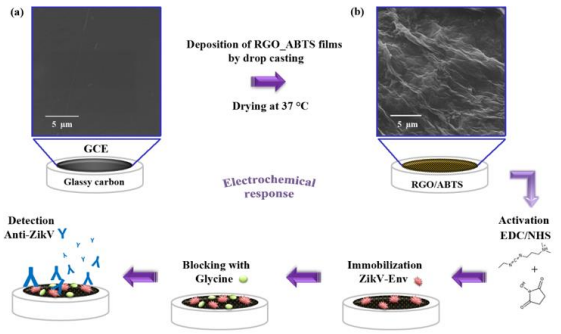


Figura 1. Esquema GCE con RGO/ABTS y construcción de la plataforma inmunosensora para la detección electroquímica de anticuerpos Anti-ZikV.

4. CONCLUSIONES

El RGO/ABTS permitió mejorar la respuesta electroquímica del electrodo debido al aumento del área electroactiva y el ABTS funciona como mediador redox. La plataforma mostró una señal estable y reversible, adecuada para la inmovilización del antígeno ZikV-Env y la posterior detección de anticuerpos Anti-ZikV. Estos resultados sugieren que el sistema GCE/RGO_ABTS/ZikV-Env/Gly puede emplearse como una plataforma prometedora para el desarrollo de inmunosensores electroquímicos aplicados al diagnóstico de Zika.

5. REFERENCIAS

[1] B. V. M. Silva, B. A. G. Rodríguez, G. F. Sales, et al., *Biosensors and Bioelectronics*, **77**, 978, (2016).

Diseño de biorreactores electroquímicos mediante análisis cinético-fenomenológicos multiescala

Presentación **Oral**

A. M. Hernandez-Orozco[1], T.P. Mendoza-Tinoco[1], F. J. Calderón de la Sancha[1], I. González[2], V. Sánchez-Vázquez[3] *

[1]Departamento de Biotecnología, [2]Departamento de Química, [3]Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica. Universidad Autónoma Metropolitana.

E-mail: vsv@xanum.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Todo proceso de diseño de un reactor químico, electroquímico o bioquímico depende siempre de la velocidad con la que ocurren la reacciones. Las técnicas tradicionales de diseño de reactores bioquímicos y electroquímicos se han basado en modelos matemáticos empíricos, que describen fenómenos físicos y químicos, simultáneamente, proporcionando parámetros cinéticos aparentes, que, si bien han dado buenos resultados, nos llevan a diseños sobredimensionados, lo cual, puede garantizar conversiones y resultados satisfactorios, pero con un exceso en cuanto a consumos energéticos asociados a la operación. Por otro lado, el uso de modelos empíricos ha sido la vía más utilizada debido a que proporcionan soluciones rápidas, que no requieren sistemas de cálculo y cómputo tan sofisticadas como lo demandaría un modelado micro cinético que proporcione parámetros cinéticos intrínsecos independientes a parámetros de transporte de calor y masa. En el caso de sistemas de reacción basados en cultivos microbianos, actualmente es posible describir la microcinética haciendo uso de las herramientas actuales moleculares, tales como las ómicas, que permiten conocer el comportamiento de sistemas microbianos, desde la expresión génica, hasta las reacciones y productos del metabolismo microbiano. Los cultivos microbianos se llevan a cabo mediante un conjunto de reacciones redox presentes en el metabolismo microbiano, de esas reacciones redox se desprende toda la bioenergética celular y las vías de regulación que definen la cinética global del proceso. Nernst nos describe cómo a partir del cambio en la composición química del medio de cultivo o mediante un campo eléctrico externo, podemos modificar la espontaneidad de procesos redox, de tal manera que la aplicación de un campo eléctrico de baja magnitud puede ser una buena herramienta para el diseño y control de procesos microbianos.

Con base en lo anterior, el presente trabajo se basa en el establecimiento de un análisis microcinético, basado en técnicas moleculares que nos permita describir las reacciones biológicas, así como electroquímiccas de manera independiente, como la vía para el diseño de biorreactores electroquímicos, escalables.

2. METODOLOGÍA

Mediante técnicas de identificación molecular en TANDEM, se han extraído e identificado el conjunto de enzimas y sistemas proteicos de un cultivo microbiando. Por otro lado en un sistema de consorcios microbianos se han identificado las especies microbianas en un análisis de secuenciación masiva. Con ello se desarrollaron redes de reacción y con base en las bases de datos como UNIPROT, se han obtenido datos cinéticos que han permitido desarrollas el modelado cinético de las redes de reacción.

3. RESULTADOS

El desarrollo de modelos micro cinéticos basados en identificación molecular nos ha permitido el diseño de biorreactores anaerobios de flujo ascendente que pueden operar con tiempos de residencia de 3 h, logrando los mismos resultados que los sistemas convencionales que operan con tiempos de residencia de 6 a 8 h, en sistemas industriales.

4. CONCLUSIONES

El análisis cinético multiescala, basado en análisis microcinético ha permitido vislumbrar condiciones de diseño más eficientes, con tiemps de reacción más cortos de los que se usan en sistemas industriales reales.

5. REFERENCIAS

Mendoza-Tinoco T.P. Durán-Hinojosa U., Sánchez-Vázquez V., Fajardo-Ortiz M.C.,

División 3

Electroquímica Molecular y Bioelectroquímica (EMB)

Trabajos Carteles

Evaluación electroquímica de células mesenquimales en pulpa dental y tejido gingival en condiciones osteogénicas

Presentación **Poster**

P. González-Alva[1], C.A. Ríos-García, M. Hernández[2*]
[1] Laboratorio de Bioingeniería de Tejidos, Facultad de Odontología
[2] División de Ingeniería Mecánica e Industrial, (DIMEI), CENISA, Facultad de Ingeniería
Universidad NacionalAutónoma de México, 04510, Ciudad de México, México
E-mail: pgonzalezalva@

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen diferentes biomateriales utilizados para ensamblar poblaciones celulares en ambientes 3D para la ingeniería de tejidos [1]. Los hidrogeles de alginato de sodio son uno de los biomateriales más simples a partir de los cuales se pueden generar andamios estratificados para estudiar poblaciones de células mesenquimales, y tienen la ventaja adicional de permitir un fácil aislamiento de células del constructo 3D para el análisis de células individuales. El presente estudio evalúa las propiedades electroquímicas de células mesenquimales cultivadas en condiciones osteogénicas en pulpa dental y tejido gingival, en un hidrogel de alginato de sodio durante 336 h de estudio, con el objetico de evaluar la respuesta celular en estos medios.

2. METODOLOGÍA

Se investigaron las propiedades electroquímicas, la viabilidad y la proliferación de células mesenquimales de pulpa dental y tejido gingival cultivadas en un sistema tridimensional basado en hidrogeles de alginato de sodio y Matrigel, bajo condiciones osteogénicas durante 14 días. Las células fueron evaluadas mediante espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS), ensayos de resazurina y calceína, así como tinciones de alizarina roja.

3. RESULTADOS

Los resultados de impedancia electroquímica revelaron que, en condiciones osteogénicas, el cultivo celular en el tejido gingival obtuvo la mayor impedancia electroquímica (> 10^6 ohm-cm^2) durante todo el ensayo. En cambio, en la pulpa dental, las mediciones de impedancia presentaron variaciones con menores valores al final del ensayo (<10^5 ohm-cm^2). Estos resultados indican en el tejido gingival se desarrolló una película (*biofilm*) madura gruesa que promovió una alta viabilidad celular sin degradar la matriz extracelular del medio. Estos resultados fueron complementados con la evaluación de las mediciones de la viabilidad con un sistema convencional (resazurina y Calceina-AM). Las células mostraron un crecimiento dependiente del tiempo en el interior del gel, con mejores resultados para las células de tejido gingival, con las con las observaciones de las imágenes de histológicas.

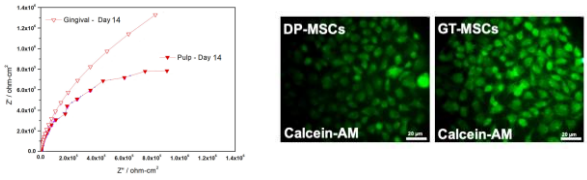


Fig. 1 Impedancia de células mesenquimales de pulpa dental y tejido gingival - 336 h. Células mesenquimales embebidas en el gel positivas para Calceina-AM.

4. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la técnica de EIS es una técnica sensible capaz de complementar ensayos convencionales, y en conjunto, el estudio demostró que los hidrogeles de alginato/Matrigel son un sistema adecuado para el cultivo 3D de células mesenquimales, promoviendo alta viabilidad y diferenciación, con un desempeño superior de las células de tejido gingival frente a las de pulpa dental.

5. REFERENCIAS

1. Hernández, M., González-Alva, P., Martínez-Moreno A., Álvarez-Pérez. M.A., Gómez, K.K. *Materials Letters* 376 (2024): 137271.

Estudio electroquímico de la interacción entre compuestos de coordinación polimínicos de Cu con albúmina humana y bovina.

Presentación **Poster**

C.A. Cano Preciado[1], S. Gutiérrez Granados[1], J. Ocampo-Hernández[2], G. Rocha Ortiz[2], L.A. Ortiz Frade[2]

[1]Universidad de Guanajuato División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Cerro de la Venada s/n Col. Pueblito de Rocha, Guanajuato, Guanajuato, 36040, México.

[2]Departamento de Electroquímica, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C. Parque Tecnológico Querétaro, Sanfandila, Pedro de Escobedo, 76703. Querétaro, México.

E-mail: ca.canopreciado@ugto.mx

1. INTRODUCCIÓN.

La albúmina sérica (BSA) tiene como función la regulación de la presión oncótica y el pH además de encargarse del transporte de hormonas, fármacos, iones y nutrientes. Su cuantificación clínica es crucial, pero los métodos convencionales son costosos, lentos y requieren infraestructura especializada. Los sensores electroquímicos que emplean complejos de cobre con ligandos nitrogenados ofrecen una alternativa rápida, sensible y de bajo costo [1]. El par redox Cu(II)/Cu(I) presenta un comportamiento electroquímico bien definido y reversible en medios acuosos. Además, estos complejos pueden mimetizar ciertas metaloenzimas relevantes en procesos de transferencia electrónica, lo que los convierte en candidatos para el estudio de interacciones con proteínas transportadoras como la albúmina sérica (BSA) y humana (HSA), la cual tiene alta afinidad por Cu(II) y su interacción modifica el potencial redox y la transferencia electrónica del complejo [2]. Esto permite diseñar sensores selectivos, reproducibles y fiables para cuantificar albúmina. Este trabajo presenta la interacción del complejo Cu(N-N dimetiletilidendiamina) con albúmina, empleando la voltamperometría cíclica y la impedancia.

2. METODOLOGÍA

Mediante el uso de técnicas espectroscópicas y electroquímicas se estudió el perfil de diversos complejos de Cu(II) y su interacción con Albumina Serica Bovina (BSA) a diferentes concentraciones.

3. RESULTADOS

La figura 1 muestra la respuesta de impedancia electroquímica del compuesto Cu(N-N dimetiletilidendiamina) con y sin albúmina. En ella se osberva que la resistencia en la interfase aumenta al añadir BSA (6.5 K Ω), lo cual indica una adsorción de proteína, condición necesaria para indicar la interacción entre BSA y el complejo.

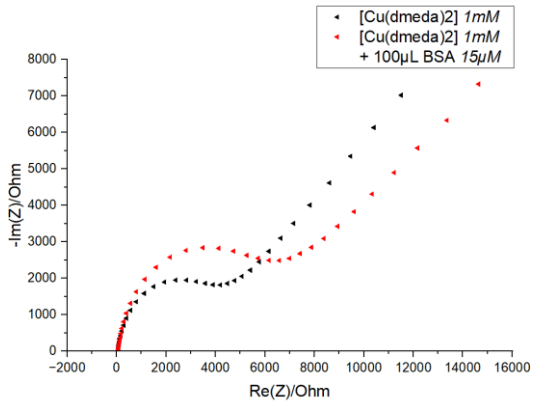


Figura 1. Impedancia de Nyquist del complejo [Cu(N-N dimetiletilendiamina)$_2$]$(NO_3)_2$ a -0.10V, de 100kHz a 100mHz

4. CONCLUSIONES

El complejo Cu(N-N dimetiletilidendiamina) en presencia de BSA muestra un cambio significativo en su proceso de transferencia de carga, lo que nos indica que es sensible a la proteína y un candidato viable para la creación de un biosensor.

5. REFERENCIAS

[1] A. Zinovicius, E. Balciunas, J. Rozene, J. J. Petroniene, A. Bogusevice, K. Ino, L. Striska, T. Mockaitis, I. Morkvenaite, *J. Electroanal. Chem.* 998, 119505, (2025).

[2] W. T. Eckenhoff, T. Pintauer, *Inorg. Chem.*49, 10617, (2010).

Análisis comparativo de catálisis de O_2 vía molecular mediante compuestos quinónicos y fotoelectrocatálisis mediante electrodos modificados con perovskitas base $LaMnO_3$

Presentación **Poster**

A. I. Gutiérrez Pérez[1], L. A. Ortiz Frade[1], E. J. Soriano Castillo[2], L. G. Talavera Contreras[1]. J. A. Díaz Real [1], G. Rocha Ortiz[1*]

[1]Departamento de Electroquímica, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C. Parque Tecnológico Querétaro, Sanfandila, Pedro de Escobedo, 76703. Querétaro, México.

[2] Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara. Nuevo Perif. Ote. 555, Ejido San José, Tateposco, 45425 Tonalá, Jal.

E-mail: grocha@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN.

Las celdas de combustible que convierten la energía química directamente en electricidad y calor mediante reacciones redox son una opción viable para atender problemas de energía. En dichas celdas el oxígeno actúa como reactivo en el cátodo, y su reducción es un proceso complejo y lento que constituye una de las principales fuentes de pérdida de eficiencia [1]. Por ello se desarrollan estrategias para catalizar la reacción de reducción de oxígeno, mediante catálisis molecular en solución empleando mediadores redox, o bien realizando electrocatálisis a través de la modificación del electrodo. Es por lo anterior, que en este trabajo se presenta una comparativa entre la catálisis molecular redox con compuestos como la menadiona (MQ) y la duroquinona (DQ) con oxígeno (O_2) y la fotoelectrocatálisis de O_2 a través de electrodos modificados con una perovskita de $LaMnO_3$.

2. METODOLOGÍA

Soluciones de MQ, DQ en presencia y en ausencia de oxígeno son preparadas para ser estudiadas por voltamperometría cíclica y por espectroelectroquímica UV-vis y su respuesta es comparada con electrodos modificadas base perovskitas, adicionando carbón vulcan y nafión.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestra la respuesta voltamperométrica de O_2, MQ (a) y DQ (b) en ausencia de O_2, así como las respuestas con O_2: MQ/O_2 (IIIa–IIIc en a) y DQ/O_2 (IVa–IVc en b). Tanto MQ como DQ presentan ondas reversibles características de mediadores redox. Por su parte, O_2 exhibe una respuesta quasireversible. Al medir MQ/O_2 y DQ/O_2 se observa un aumento de la corriente y una pérdida de reversibilidad. Este comportamiento indica que el anión electrogenerado actúa como catalizador de la reducción de O_2 cumpliendo con la función buscada para mediadores en pilas de combustible.

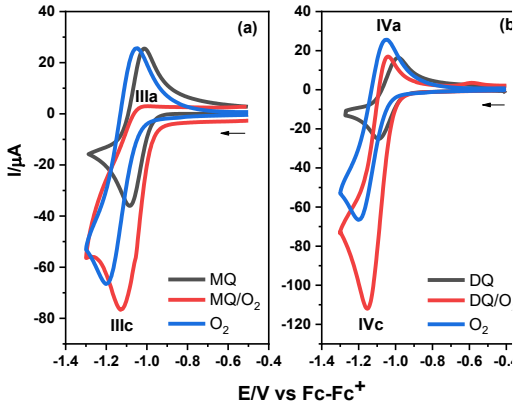


Figura 1. (a) Respuesta voltamperométrica de MQ (negra) O_2 (azul) yMQ/O_2 (rojo); (b) DQ (negro) O_2 (azul) y DQ/O_2 (rojo) en MeCN con 0.1 M $TBAPF_6$ a 0.1 $V{\cdot}s^{-1}$ at 25 °C.

4. CONCLUSIONES

Al observar una corriente pronunciada, se puede señalar que tanto MQ como DQ actúan como catalizadores de O_2 pudiendo ser empleados como mediadores en celdas de combustible.

5. REFERENCIAS

[1] S. Zaman, L. Huang, A I. Douka, H. Yang, B. You, B. Yu Xia. *Angewandte Chemie*. **133**, 33, 17976-1799666, (2021)

Efecto de protonación en la catálisis molecular de CO_2 empleando $[Fe(2\text{-}2\ bpy)_3](NO_3)_2$ como mediador.

Presentación **Poster**

L. G. Talavera-Contreras[1], G. Rocha Ortiz[1], E. R. Rico Loma[1] M. Cruz Ramírez[2], L. A. Ortiz Frade[1*]

[1]Departamento de Electroquímica, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C. Parque Tecnológico Querétaro, Sanfandila, Pedro de Escobedo, 76703. Querétaro, México

[2]Colegio de Bachilleres, Universidad Autónoma de Querétaro, Campus San Juan del Río, Calle Corregidora No. 4, Colonia Centro, San Juan del Rio 76800, Querétaro, Mexico.

E-mail: lortiz@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN.

El CO_2 es un compuesto generado como producto final por la quema de combustibles fósiles siendo el gas prioritario en el efecto invernadero. Por lo que, disminuir su presencia es importante en el plano ambiental. En este sentido, la catálisis molecular de CO_2 es una ruta viable para capturar y convertir el gas en productos de valor agregado cuya naturaleza depende de las condiciones del medio. Con base en ello, se ha visto que la presencia de agua como donador de protones favorece la catálisis de CO_2. Lo anterior es realizado en conjunto empleando un compuesto de coordinación como catalizador, que de forma particular empleamos complejos de hierro coordinados a 2,2´-bipiridina como $[Fe(2\text{-}2\ bpy)_3](NO_3)_2$.

2. METODOLOGÍA

Soluciones de $[Fe(2\text{-}2\ bpy)_3](NO_3)_2$ en presencia y en ausencia de CO_2 son preparadas para ser estudiadas por voltamperometría cíclica mediante titulación con agua como fuente generadora de protones.

3. RESULTADOS

En el gráfico 1 se muestra la respuesta voltamperométrica de $[Fe(2\text{-}2,bpy)_3](NO_3)_2$ en presencia y en ausencia de CO_2 en presencia de 100 µL de agua. En ausencia de CO_2 se muestran las ondas voltamperométricas Ia-Ic, IIa-IIc y IIIa-IIIc, asociado a la reducción del metal y a la reducción del ligante. Sin embargo, en presencia de CO_2 y como efecto del agua, se observa un incremento en la corriente en la característica de una reacción homogénea de transferencia de electrón que sugiere una catálisis molecular.

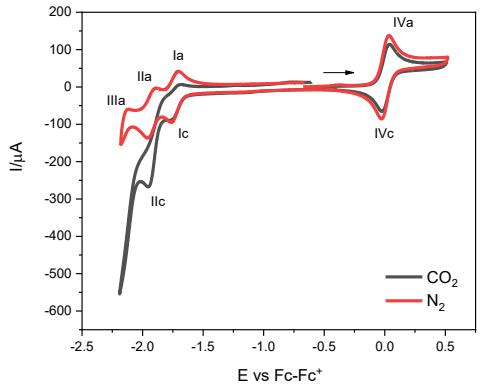


Figura 1. Voltametría cíclica comparativa de 1 mM $[Fe(2,2\text{-}bpy)_2](NO_3)_2$ en MeCN con $TBAPF_6$ 0.1 M bajo N_2 (rojo) y CO_2 (negro) a 0.1 V/s en presencia de 100 microlitros de agua.

4. CONCLUSIONES

El compuesto $[Fe(bpy)_3](NO_3)_2$ tiene la capacidad de catalizar y convertir el CO_2 y de igual manera, se observa un incremento en la corriente generada por efecto de protonación, en la que presuntivamente se obtiene formiato como producto final.

5. REFERENCIAS

1- L. Jiang, C. Zhou, K. Li, H. Wang. *Cell Reports Physical Science*. 5, 10, 102246, (2024).

Estudio electroquímico y espectroelectroquímico de la catálisis molecular de CO_2 generada por compuestos de coordinación polipiridínicos de Zn

Presentación **Poster**

G. Rocha Ortiz[1], L. G. Talavera-Contreras[1], L. G. Ramírez-Palma[2], J. P. F. Rebolledo-Chávez[2], L. A. Ortiz Frade[1*]

[1]Departamento de Electroquímica, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C. Parque Tecnológico Querétaro, Sanfandila, Pedro de Escobedo, 76703. Querétaro, México.

[2]División de Química y Energías Renovables, Universidad Tecnológica de San Juan del Río, Avenida La Palma No. 125 Vista Hermosa, San Juan del Río C.P. 76826, Querétaro, Mexico.

E-mail: lfrade@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN.

La concentración atmosférica de dióxido de carbono (CO_2) ha aumentado notablemente en los últimos años debido a las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a un incremento de la temperatura global de ~1.5 °C en 2024 respecto a la era preindustrial. En este contexto es prioritario desarrollar métodos de mitigación que permitan capturar y convertir el CO_2 en productos de valor añadido. Se ha demostrado que los compuestos de coordinación de metales de transición pueden actuar como catalizadores moleculares eficaces para la activación y la reducción de CO_2 [1]. Asimismo, los ligantes flexibles pueden estabilizar los centros metálicos de bajo coste y favorecer la coordinación del CO_2, mejorando la eficiencia y selectividad catalítica. Por otra parte, los complejos de zinc han mostrado actividad electrocatalítica en la reducción de CO_2. Por ello, en este trabajo se presenta un estudio sobre la catálisis molecular de CO_2 empleando como catalizadores $[Zn(TPA)(H_2O)]SO_4$ y $[Zn(2,2\text{-bpy})_3](BF_4)_2$.

2. METODOLOGÍA

Soluciones de $[Zn(TPA)(H_2O)]SO_4$ y $[Zn(2,2\text{-bpy})_3](BF_4)_2$ en presencia y en ausencia de CO_2 son preparadas para ser estudiadas por voltamperometría cíclica y por espectroscopía UV-vis, determinando su constante cinética.

3. RESULTADOS

En el gráfico 1 se muestra la respuesta voltamperométrica de $[Zn(2,2\text{-bpy})_3](BF_4)_2$ en presencia y en ausencia de CO_2. En ausencia, se muestran las ondas voltamperométricas Ia-Ic, IIa-IIc. Sin embargo, en presencia de CO_2, se observa un incremento en la corriente, característica de una reacción homogénea de transferencia de electrón, que sugiere una catálisis molecular. Este comportamiento indica que el anión electro-generado tiene la capacidad de catalizar y convertir el CO_2 en otra especie.

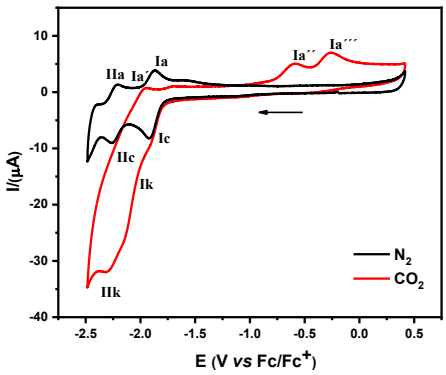


Figura 1. Voltametría cíclica comparativa de 1 mM $[Zn(2,2\text{-bpy})_3](BF_4)_2$ en DMSO con $TBAPF_6$ 0.1 M bajo N_2 y CO_2 a 0.1 V/s.

4. CONCLUSIONES

El compuesto $[Zn(2,2\text{-bpy})_3](BF_4)_2$ tienen la capacidad de catalizar y convertir el CO_2.

5. REFERENCIAS

1- I. Azcarate, C. Costentin, M. Robert, J. M. Savéant. *J. Am. Chem. Soc.*, 138, 16639–16644 (2016).

Catálisis molecular de CO_2 generada por compuestos de coordinación bipiridinicos de Co(II)

Presentación **Poster**

M. Alvarez Cuaquentzi[1], G. Rocha Ortiz[1], L. G. Talavera-Contreras[1], M. Cruz R amírez[2], L. A. Ortiz Frade[1*]

[1]Departamento de Electroquímica, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C. Parque Tecnológico Querétaro, Sanfandila, Pedro de Escobedo, 76703. Querétaro, México

[2]Colegio de Bachilleres, Universidad Autónoma de Querétaro, Campus San Juan del Río, Calle Corregidora No. 4, Colonia Centro, San Juan del Rio 76800, Querétaro, Mexico.

E-mail: malvarez@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN.

Los efectos de los gases de efecto invernadero han incrementado la temperatura en 1.1 °C entre 2010 y 2020 considerando al dióxido de carbono (CO_2) como el agente prioritario asociado a este aumento. Por ello es relevante desarrollar métodos que permitan capturar y convertir el CO_2 en productos de valor añadido. Se ha demostrado que los compuestos de coordinación de cobalto (II) pueden actuar como catalizadores moleculares eficaces para la activación y la reducción de CO_2 [1]. Asimismo, los ligantes heteroaromáticos como 2,2´-bipiridina pueden estabilizar centros metálicos de bajo costo y facilitar la coordinación del CO_2 mejorando la eficiencia y la selectividad catalítica. En este trabajo se presenta un estudio de la catálisis molecular de CO_2 empleando como catalizador $[Co(2,2\text{-bpy})_2Cl_2]$.

2. METODOLOGÍA

Soluciones de $[Co(2,2\text{-bpy})_2Cl_2]$ en presencia y en ausencia de CO_2 son preparadas para ser estudiadas por voltamperometría cíclica y por espectro-electroquímica UV-vis, empleando un electrodo de carbón vítreo, un contraelectrodo de platino y tomando como referencia ferroceno.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestra la respuesta voltamperométrica de $[Co(2,2\text{-bpy})_2Cl_2]$ en presencia y en ausencia de CO_2. En ausencia, se muestran las ondas voltamperométricas Ia-Ic, asociado a la reducción del metal y IIa-IIc asociado a la reducción del ligante [1]. Sin embargo, en presencia de CO_2, se observa un incremento en la corriente en la onda Ik, característica de una reacción homogénea de transferencia de electrón, que sugiere una catálisis molecular.

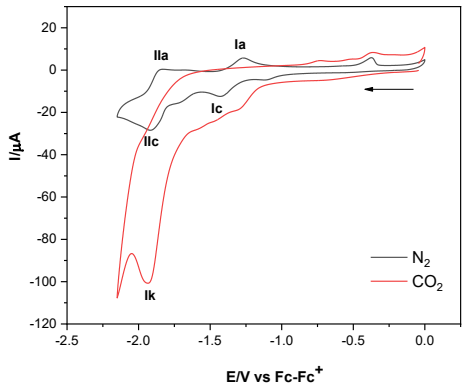


Figura 1. Voltametría cíclica comparativa de 1 mM $[Co(2,2\text{-bpy})_2Cl_2]$ en MeCN con $TBAPF_6$ 0.1 M bajo N_2 y CO_2 a 0.1 V/s

4. CONCLUSIONES

Se observa que el compuesto en presencia de CO_2 presenta una corriente mayor que en presencia de N_2, denominada corriente catalítica. Por lo cual, el compuesto $[Co(2,2\text{-bpy})_2Cl_2]$ tiene la capacidad de catalizar el CO_2 mediante un mecanismo de esfera externa.

5. REFERENCIAS

1- G. Rocha-Ortiz, A. Barrios-Velasco, O Monsalvo Zúñiga, M. Cruz-Ramírez, A. Mendoza, L. G. Ramírez-Palma, J. P. F. Rebolledo- Chávez, L. Ortiz-Frade, *Catalysts* **641**, *1-19, (*2025).

Puntos cuánticos de carbono para el análisis preliminar de la detección de urea

Presentación **Poster**

K. Cordoba González[1], [1], Y. I. Guerrero Landa[1], B. A. Gómez Rodríguez[1*]
[1]Facultad de Física, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México
E-mail: zS24012702@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La urea es uno de los subproductos del metabolismo del nitrógeno y su concentración en fluidos biológicos se relaciona con el funcionamiento renal [1]. Por ello, su detección rápida y sencilla es de interés para el desarrollo de plataformas de monitoreo clínico [1,2]. En este contexto, los sensores electroquímicos representan una alternativa atractiva debido a su bajo costo, sensibilidad y posibilidad de miniaturización. Los puntos cuánticos de carbono, o CDots, presentan propiedades superficiales y electrónicas que pueden favorecer la transferencia de carga cuando se usan como electrodos.

Por lo que en este trabajo se presenta un análisis a partir de curvas de pulso diferencia para la evaluación preliminar de un electrodo modificado con CDots para la detección electroquímica de urea

2. METODOLOGÍA

Los CDots se sintetizaron mediante el método hidrotermal, para ello fue empleando 400 mg de ácido cítrico disueltos en 25 mL de agua desionizada. La mezcla se mantuvo a 200 °C durante 2 h. Posteriormente, los CDots obtenidos se depositaron sobre el electrodo de trabajo mediante la técnica de drop-casting.

La detección electroquímica se realizó en un sistema de tres electrodos (auxiliar, trabajo, referencia), empleando soluciones acuosas de urea con concentraciones de 10 a 70 mM. La respuesta del sensor se evaluó mediante mediciones de pulso diferencia y fue analizando los cambios de corriente asociados a las concentraciones del analito.

3. RESULTADOS

El electrodo de trabajo fue modificado con CDots y presentó una respuesta electroquímica dependiente de la concentración de urea. Al aumentar la concentración del analito se observaron cambios en la corriente registrada, lo que indica una interacción entre la urea y la superficie modificada del electrodo. Los resultados obtenidos permiten considerar este sistema como una plataforma preliminar para la detección de urea.

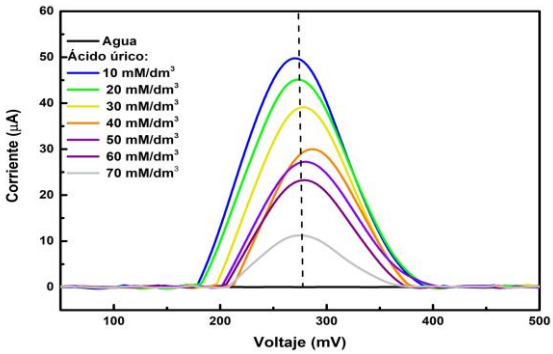


Figura 1. Respuesta electroquímica del electrodo modificado con CDots frente a diferentes concentraciones de urea.

4. CONCLUSIONES

En esta sección se reportarán las conclusiones más relevantes del trabajo a presentar. Les agradecemos haberse ajustado a la presente plantilla y esperamos verlos en la ciudad de Xalapa o bien en las sesiones virtuales, del 5 al 9 de octubre de 2026. Los CDots fueron sintetizados de forma rápida y se usaron para modificar la superficie del electrodo, consiguiendo variaciones de corriente asociadas a la concentración del analito, lo que hace a los CDots un potencial del material para aplicaciones en sensores electroquímicos.

5. REFERENCIAS

[1] A. Tricoli, G. Neri, *Sensors*, **18**, 942 (2018).
[2] Y. Liu, X. Zhao, M. Liao, G. Ke, X.-B. Zhang, *Sensors & Diagnostics*, **3**, 1789–1806 (2024).

Evaluación bioelectroquímica del desarrollo de *Solanum lycopersicum L.* mediante electrodos de $IrO_2Ta_2O_5$|Ti y bacterias promotoras del crecimiento

Presentación

Presentación **Poster**

J.C Morales Martinezs[1], *S.M Contreras Ramos s*[2], *E. Bustos Bustos*[1*]

[1] Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C., CIDETEQ, Parque Tecnológico Querétaro, s/n, San Fandila, Pedro Escobedo, Qro., 76703, Mexico.

[2] Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., CIATEJ, Av. Normalistas 800 Colinas de La Normal, 44270, Guadalajara, Jalisco, México.

E-mail: ebustos@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

La estimulación eléctrica también conocida como electrocultivo emplea campos electricos débiles (≤0.5 V cm^{-1}) que inducen respuestas fisiológicas como la activación de bombas H^+-ATPasa, electromigración iónica y elongación celular [1]. Estos efectos han sido demostrados en *Arabidopsis thaliana* y *Zea mays* (Acosta-Santoyo et al., 2018), así como en *Cucumis sativus* cultivado en suelos reales (Morales, Solís, Bacame, et al., 2021). Para ello, se utilizan electrodos estables de $IrO_2Ta_2O_5$ |Ti que han mostrado alta durabilidad y ausencia de lixiviados tóxicos incluso tras múltiples ciclos en suelos alcalinos [2].

Por otro lado, las PGPB como *Pseudomonas* y *Shimwellia*, presentes en el consorcio CIATEJ-MX1, mejoran la disponibilidad de nutrientes a través de la fijación biológica de nitrógeno, solubilización de fósforo y producción de fitohormonas [3-4]. Este consorcio ha demostrado beneficios en agave y tomate, incrementando el contenido de azúcares fermentables y mejorando la fisiología vegetal bajo condiciones de campo.

La combinación de estimulación eléctrica y PGPB ofrece una estrategia sinérgica capaz de mejorar la absorción de nutrientes, la eficiencia metabólica y la estructura del suelo. Este estudio evalúa por primera vez la aplicación integrada de ambos tratamientos a lo largo de todo el ciclo fenológico de *Solanum lycopersicum L*, desde la germinación hasta la cosecha.

2. METODOLOGÍA

El estudio se estructuró en tres fases secuenciales enfocadas en evaluar la sinergia bioelectroquímica sobre el cultivo de *Solanum lycopersicum L.* variedad Moctezuma. La primera fase consistió en la determinación del campo eléctrico óptimo, para lo cual se sometieron semillas cultivadas en turba de *Sphagnum* a distintos potenciales (de 100 a 500 mV cm^{-1}) en intervalos de 1 a 15 minutos. La estimulación se aplicó utilizando electrodos estables de $IrO_2Ta_2O_5$|Ti como ánodo [5] y titanio (Ti) como cátodo, separados por 1 cm. En una primera etapa, se evaluaron diferentes campos eléctricos, con el fin de seleccionar la mejor para el electrocultivo (tratamiento E) es la aplicación de 200 mV cm^{-1} durante 10 minutos.

A partir de este parámetro, la segunda fase evaluó el efecto de los estímulos a lo largo del ciclo fenológico, estableciendo un diseño completamente aleatorizado con cinco tratamientos (n=20 plantas por grupo, 100 en total): un Control (C) sin estimulación; un tratamiento Eléctrico (E) bajo las condiciones óptimas; un tratamiento Biológico (B) inoculado con el consorcio bacteriano CIATEJ-MX1 (1×10^8 UFC mL^{-1}); y dos tratamientos combinados para evaluar el efecto sinérgico secuencial: Eléctrico seguido de Biológico tras 6 horas (EB), y Biológico seguido de Eléctrico (BE). Estas intervenciones se aplicaron de forma programada en cuatro etapas clave del desarrollo: germinación (día 0, bajo condiciones controladas de laboratorio), vegetativa (día 30), reproductiva (día 60) y previa a la cosecha (día 90). A partir del día 21, las plántulas fueron trasplantadas a un invernadero bajo condiciones ambientales monitoreadas, recibiendo fertilización estandarizada en las etapas reproductiva y de cosecha.

Finalmente, la tercera fase abarcó el monitoreo integral del sistema planta-fruto-suelo. A nivel fisiológico, se midió mensualmente el crecimiento (altura y grosor de tallo) y el contenido de clorofila (CCI). La calidad postcosecha se analizó durante seis semanas, evaluando el pH, los sólidos solubles (°Brix), la acidez titulable y el índice de madurez del fruto, conforme a metodologías descritas para el tomate [6]. De forma paralela, al concluir el ciclo (día 119), se realizó una caracterización edáfica de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000, cuantificando variables fisicoquímicas (pH,

Reactividad de radicales aniónicos quinónicos generados electroquímicamente con oxígeno molecular en acetonitrilo

Presentación **Poster**

E. J. Soriano-Castillo[1], P. D. Astudillo-Sánchez[1], M. Salas-Reyes [2], L. A. Ortiz-Frade[3], G. Rocha-Ortiz[3]

[1]Centro Universitario de Tonalá. Universidad de Guadalajara. Av. Nvo. Periférico. No. 555. Ejido Sn. José Tateposco. CP. 45425, Tonalá, Jalisco México.

[2]Unidad de Servicios de Apoyo en Resolución Analítica. Universidad Veracruzana. Luis Castelazo Ayala, S/N CP 911190, Xalapa, Veracruz, México.

[3]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ). Parque Tecnológico Querétaro, s/n, Sanfandila, C.P. 76703, Pedro Escobedo, Querétaro.

E-mail: grocha@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los derivados quinónicos han mostrado reacciones de transferencia de electrones eficientes entre su forma aniónica y el oxígeno molecular (O_2), al generar una *reacción homogénea de transferencia de electrón* (RHTE) con O_2 [1]. En dicha reacción, $Q^{\bullet-}$ electro-generado tiene la capacidad de transferir un electrón al O_2 presente [2]. Por ello, este estudio analiza el comportamiento electroquímico de la duroquinona y la menadiona, compuestos que generan especies reactivas de oxígeno mediante interacciones con radicales de oxígeno [3].

2. METODOLOGÍA

Los reactivos estudiados fueron: Duroquinona (DQ) y Menadiona (MD). Como electrolito soporte se utilizó Hexafluorofosfato de Tetrabutilamonio en acetonitrilo y aire comprimido como fuente de O_2. Para los experimentos voltamperométricos se empleó una celda de 3 electrodos: electrodo de carbón vítreo de 3 mm de diámetro (electrodo de trabajo); un alambre de platino (electrodo auxiliar); y un electrodo de calomel saturado (electrodo de referencia).

3. RESULTADOS

En la **Figura 1** se observan las respuestas voltamperométricas de a) DQ y b) MD (línea negra), el oxígeno (línea azul) y la presencia del anión de la quinona con O_2 (línea roja); además, se presentan sus respectivas respuestas espectro-electroquímicas de UV-vis c) DQ y d) MD en presencia de O_2. Como se observa, la DQ o MD con O_2 genera un incremento de corriente junto con la pérdida de reversibilidad, lo cual es característico de una RHTE [2].

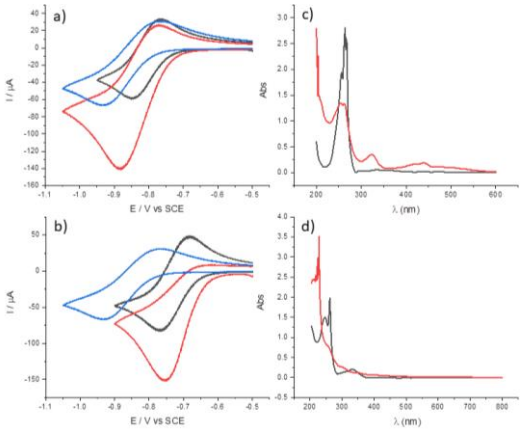


Figura 1 Voltamperogramas de a) DQ y b) MD 1.7 mM en presencia y ausencia de oxígeno (25°C a 0.1 V/s) y espectros de UV-vis de c) $DQ^{\bullet-}$ y d) $MD^{\bullet-}$ en presencia y ausencia de O_2.

4. CONCLUSIONES

Se demuestra que tanto DQ como MD experimentan una transferencia de electrones homogénea con O_2, pero la espectro-electroquímica indica una mayor reactividad química hacia el oxígeno en el caso de la MD.

5. REFERENCIAS

[1] Rocha O.G., et al., *Electrochimica Acta*, 35 136601, (2020).

[2] J.M. Savéant, *Elements of Molecular ar Biomolecular Electrochemistry*, chapter 4, Wile Interscience, New Jersey, (2019).

[3] Canchola A., et al., *Chemical Research Toxicology*, 35, 2, (2022)

División 4

Electroquímica de Materiales (EM)

Trabajos Orales

Modificación fotoinducida de las propiedades electrónicas interfaciales en heterouniones TiO_2–Fe_2O_3

Presentación **Oral**

L.A. Solis-Balderas[1], A. Romero-Contreras[1], S.M. de la Parra-Arciniega[1], E.M. Sánchez-Cervantes[1]

[1] *Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, San Nicolas de los Garza, NL, México*

E-mail: eduardo.sanchezcv@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El acoplamiento entre absorción de luz y procesos electroquímicos depende de manera crítica de la estructura electrónica en la interfaz de materiales semiconductores. En sistemas tipo heterounión, la iluminación puede inducir redistribución de carga y modificar el transporte y la separación de portadores. En este trabajo se estudia el efecto de la iluminación sobre las propiedades electrónicas interfaciales en heterouniones TiO_2–Fe_2O_3 [1].

2. METODOLOGÍA

Se prepararon heterouniones TiO_2–Fe_2O_3 mediante la mezcla controlada y su deposición sobre sustratos conductores. La caracterización estructural se realizó por DRX y SEM. La respuesta electrónica se evaluó mediante espectroscopía de impedancia, análisis de Mott–Schottky y mediciones fotoelectroquímicas bajo condiciones de oscuridad e iluminación [2].

3. RESULTADOS

Las heterouniones muestran una respuesta fuertemente dependiente de la iluminación, con desplazamientos en el potencial de circuito abierto y una reducción significativa en la resistencia de transferencia de carga. El análisis de Mott–Schottky evidencia un corrimiento sistemático del potencial de banda plana hacia valores más negativos, acompañado de un incremento en la densidad de portadores bajo iluminación, consistente con el esquema ilustrado en la Figura 1. Estos resultados indican una redistribución de carga en la interfaz asociada a procesos de band bending fotoinducido y una separación más eficiente de portadores. De manera importante, la magnitud del desplazamiento observado no puede explicarse como una simple superposición de fases, sino que es consistente con una reorganización electrónica en la heterounión.

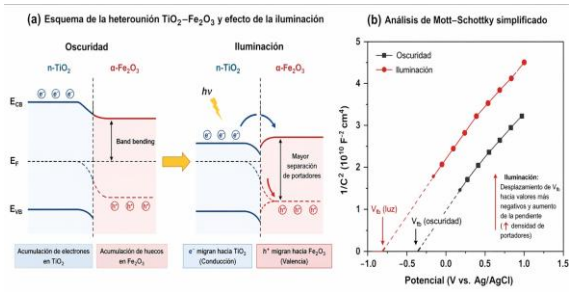


Figura 1. Esquema de la heterounión TiO_2–Fe_2O_3 y su respuesta bajo iluminación. (a) Alineación de bandas y band bending en oscuridad e iluminación, donde la luz induce redistribución de carga y favorece la separación de portadores en la interfaz. (b) Análisis de Mott–Schottky simplificado que muestra el desplazamiento del potencial de banda plana hacia valores más negativos y el incremento en la pendiente, indicando mayor densidad de portadores bajo iluminación.

4. CONCLUSIONES

La iluminación induce una modificación directa de la estructura electrónica interfacial en la heterounión TiO_2–Fe_2O_3. Los resultados demuestran que la respuesta fotoelectroquímica está gobernada por procesos de reorganización electrónica en la interfaz, más allá de efectos puramente estructurales. Este comportamiento posiciona a la heterounión como un sistema activo donde la interfaz juega un papel activo en la dinámica de carga, abriendo una ruta para el diseño racional de materiales en sistemas fotoelectroquímicos y fotobaterías.

5. REFERENCIAS

[1] L.A. Solís-Balderas et al., *Journal of Physics and Chemistry of Solids,* (2026).

[2] N. Dai, Y. Zhang, *Journal of Alloys and Compounds*, *1018*, 179294, (2025).

Desarrollo de electrodos MMO tipo $Ru_{0.2}Ti_{0.8}O_2$ con adición de Ce y B para su uso en cloración salina.

Presentación **Oral**

O. Morales Romero[1], E. Bustos Bustos[2], S.E. Rodil Posadas[1], A. Reyes Montero[1]
[1]Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, CDMX, México.
[2]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Parque Tecnológico Querétaro, Sanfandila, C.P. 76703, Querétaro, México.
E-mail: omoralesr@pceim.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los electrodos MMO (Mixed Metal Oxides) constituyen una de las tecnologías electroquímicas más utilizadas en aplicaciones industriales como la producción de cloro, producción de desinfectantes, electrólisis del agua, tratamiento de aguas residuales, galvanoplastia, entre otros. Su desarrollo permitió sustituir materiales convencionales como el grafito, aumentando la eficiencia energética y la estabilidad operativa en los procesos electroquímicos [1][2].

Estos sistemas han ido evolucionando a través de los años y parte de sus mejoras se han logrado con la incorporación de elementos como el Ir, el Pt y el Ta. En este trabajo se plantea mejorar la matriz cerámica $Ru_{0.2}Ti_{0.8}O_2$ a partir de la adición de B así como la incorporación de Ce (III), buscando favorecer el área superficial electroactiva, mejorar la adherencia metal-cerámico e incrementar la actividad electrocatalítica del sistema para aplicaciones de generación electroquímica de cloro libre [3].

2. METODOLOGÍA

Los electrodos estudiados fueron preparados mediante el método Pechini-Adams y depositados sobre varilla de titanio GR2 (1/16”). La caracterización estructural del material se realizó mediante las técnicas de XRD y SEM, el desempeño electroquímico fue evaluado mediante CV, amperometría y yodometría, adicionalmente se evaluó la adherencia del cerámico al sustrato de titanio mediante la norma ASTM D4541-22.

3. RESULTADOS

Los resultados electroquímicos y mecánicos evidenciaron diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas. La adición de compuestos de boro incrementó el área superficial electroactiva (ECSA) de 868 a 1008; sin embargo, se observó una disminución en la adherencia y en la respuesta electroquímica respecto al material de referencia. Por otro lado, la incorporación de cerio produjo una mejora simultánea en todos los parámetros evaluados, alcanzando una adherencia de 22.08 MPa, un ECSA de 1210 y una pendiente di/dE de 0.869, correspondientes a incrementos del 37 %, 39 % y 76 %, respectivamente, en comparación con el electrodo MMO comercial.

4. CONCLUSIONES

Además de las mejoras observadas en adherencia, ECSA y actividad electroquímica, los electrodos modificados con Ce y B mostraron un incremento en la producción de cloro libre y una reducción significativa del consumo energético específico, lo que evidencia su potencial para aplicaciones de desinfección y tratamiento electroquímico del agua.

5. REFERENCIAS

[1] TF O’Brien, TV Bommaraju, F Hine, *Handbook of Chlor-Alkali technology*, Springer, (2005)
[2] K De-Sheng, L Wen-Hua, F Yuan-Yuan, B Sai-Wei, *Progress in Chemistry*, 21, pp 1107 (2009)
[3] P Wei, H Zhou, H Zhu, B Dai, J Wang, *Journal of Central South University of Technology*, 18, pp 1359 (2011)

Crecimiento electroquímico de ZnO sobre zinc metálico

Presentación **Oral**

D. I. Garcia Salinas[1] M.A. Veloz Rodríguez [1] M.I. Reyes Valderrama [1]V. Rodríguez Lugo[1]
R.A Vázquez García [1]
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Carr. Pachuca-Tulancingo km 4.5 C.P. 42184, Pachuca, Hidalgo.
E-mail: mveloz@uaeh.edu.mx ga484937@uaeh.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El óxido de zinc (ZnO) es un material semiconductor de amplio interés debido a sus propiedades ópticas, electrónicas y electroquímicas [1], así como a su elevada estabilidad química. La aplicación del ZnO, también se puede relacionar con la estructura y morfología del material. Aunque existen diversos métodos de síntesis, la síntesis electroquímica representa una alternativa atractiva por su bajo costo, simplicidad operacional y posibilidad de controlar las características estructurales del material mediante la modificación de parámetros electroquímicos. En este trabajo se estudió la influencia de diferentes características energéticas sobre la formación de recubrimientos de ZnO obtenidos sobre una placa de zinc, con el objetivo de establecer la relación entre las condiciones de síntesis y las propiedades estructurales y electroquímicas de los productos obtenidos.

2. METODOLOGÍA

Los recubrimientos fueron sintetizados mediante electrodeposición utilizando un sistema electroquímico convencional de tres electrodos. Se emplearon diferentes potenciales para promover el crecimiento de ZnO sobre una placa de zinc. La respuesta electroquímica durante el depósito fue evaluada mediante cronoamperometría, mientras que las propiedades interfaciales de los recubrimientos obtenidos fueron estudiadas mediante Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS). La caracterización cualitativa se realizó mediante Microscopía Electrónica de Barrido (MEB).

3. RESULTADOS

Las micrografías evidenciaron la formación exitosa de recubrimientos de ZnO sobre la superficie, con diferentes tipos de organización estructural en escalas que van desde los micrómetros hasta los nanómetros dependiendo del potencial aplicado.

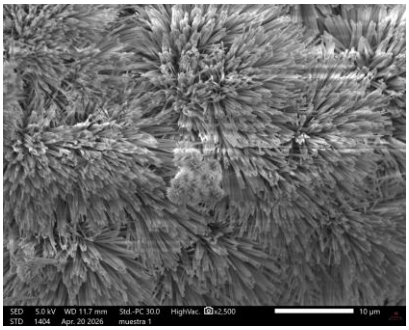


Figura 1. Micrografía SEM de recubrimiento de ZnO obtenido sobre zinc metálico para potencial a 0.4V.

4. CONCLUSIONES

Se obtuvieron recubrimientos de ZnO sobre un sustrato de zinc, con diferentes morfologías, bajo diferentes condiciones energéticas. Las observaciones morfológicas corroboran que el potencial aplicado es un parámetro determinante en la formación, nucleación y desarrollo de las estructuras depositadas. Los resultados obtenidos confirman la viabilidad de los métodos electroquímicos para la síntesis controlada de óxidos metálicos y proporcionan información relevante para el diseño de materiales con propiedades superficiales ajustables.

5. REFERENCIAS

[1] Hassan, N. K., Talab, E. A., & Bououdina, M. (2026). Facile electrochemical growth of ZnO nanostructures for Ni-contacted MSM UV photodetectors. Next Research, 5, 101369. https://doi.org/10.1016/j.nexres.2026.101369

[2] Awasthi, G., Pramanick, A. K., Mandal, D., Salot, M., Santhy, K., Jamnapara, N., & Chaudhury, S. K. (2025). Green electrochemical synthesis of ZnO-graphene composite nanopowder and its improved antimicrobial properties. Next Nanotechnology, 7, 100183. https://doi.org/10.1016/j.nxnano.2025.100183

[3] Mika, K., Syrek, K., Uchacz, T., Sulka, G. D., & Zaraska, L. (2022). Films formed by anodic oxidation as photoanodes in photoelectrochemical water splitting. Electrochimica Acta, 414, 140176. https://doi.org/10.1016/j.electacta.2022.140176

Formación selectiva de especies Ti^{3+} y TiO_2 mediante disolución electroquímica de titanio en medio ácido

Presentación **Oral**

G. A. Maldonado Bautista[1], V. E Reyes Cruz*[1], J. A. Cobos Murcia[1], G. Urbano Reyes[1], M. Pérez Labra[1], J. C. Juárez Tapia[1] E. M. Rodríguez Vigueras[1].

[1]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Carretera Pachuca - Tulancingo, Km 4.5 s/n, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184.

*E-mail: reyescruz16@yahoo.com

1. INTRODUCCIÓN

El dióxido de titanio (TiO_2) es un material ampliamente utilizado en aplicaciones fotocatalíticas [1], energéticas y ambientales. La disolución electroquímica de titanio metálico representa una alternativa sostenible para la generación de especies de titanio y óxidos nanoestructurados. En este trabajo se evaluó la formación selectiva de especies Ti^{3+} y TiO_2 mediante oxidación electroquímica de titanio en HCl al 1%, realizando estudios termodinámicos y electroquímicos para identificar las condiciones que favorecen su formación.

2. METODOLOGIA

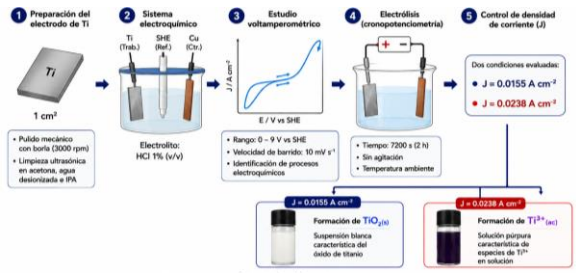


Figura 1 Esquema experimental empleado para la obtención de especies Ti^{3+} y TiO_2 mediante disolución electroquímica de titanio en medio de HCl al 1%.

3. RESULTADOS

Con el propósito de identificar las condiciones electroquímicas que favorecen la formación selectiva de especies Ti^{3+} y TiO_2, se realizaron estudios termodinámicos, electroquímicos y de caracterización morfológica. Los principales resultados obtenidos se presentan en la Figura 2, donde se resume el comportamiento del sistema durante la oxidación anódica del titanio.

La **Figura 2** muestra los estudios realizados para la formación de las especies Ti^{3+} y TiO_2, a) Diagrama de Pourbaix, b) Estudio Voltamperometrico del Ti en HCl al 1%, c) Electrolito después de una Cronopotenciometría a distintas densidades de corriente, d) Microscopia Electrónica de barrido del TiO_2.

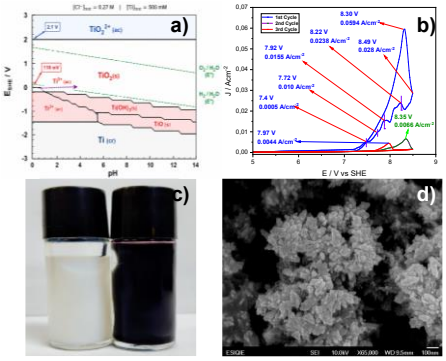


Figura 2 Resultados obtenidos durante la disolución electroquímica del titanio: a) diagrama de Pourbaix del sistema Ti–H_2O; b) voltamperograma cíclico del titanio en HCl al 1%; c) aspecto visual del electrolito después de la cronopotenciometría a diferentes densidades de corriente; d) micrografía SEM del TiO_2 obtenido.

En la **Figura 2 a)** se observa que la formación de las especies Ti^{3+} y TiO_2 es termodinámicamente favorable a potenciales superiores a 118 mV vs SHE. Los estudios voltamperométricos **Figura 2 b)** permitieron identificar procesos asociados a la formación de Ti^{2+}, Ti^{3+} y TiO_2 durante la oxidación anódica del titanio en HCl al 1%.[2]. Al aplicar una densidad de corriente de 0.0155 A cm^{-2} se obtuvo una suspensión blanca atribuida a TiO_2, mientras que a 0.0238 A cm^{-2} predominó la formación de especies Ti^{3+} en solución, evidenciada por la coloración púrpura característica **Figura 2 c)**. Las micrografías SEM **Figura 2 d)** revela la formación de agregados nanoestructurados con morfología irregular, característicos de materiales obtenidos mediante procesos electroquímicos de nucleación y crecimiento. Esta estructura podría favorecer aplicaciones donde se requiera una elevada área superficial.

Electrodeposición localizada de cobalto sobre un electrodo de carbón vítreo.

Presentación **Oral**

M. I Cruz Martínez[1], G. A. Álvarez Romero[1], M. Rivera[2], L. H. Mendoza Huizar[1*]

[1]Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Área académica de Química; Mineral de la Reforma, 82184, México.

[2]Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Física, Ciudad de México, 04510, México.

E-mail: hhuizar@uaeh.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las micro y nanoestructuras metálicas constituyen una clase de materiales idóneas para el diseño y la implementación en nuevas aplicaciones físico-químicas [1]. En este sentido, las nanoestructuras a base de cobalto representan un gran interés en aplicaciones informáticas por lo que la síntesis y caracterización a escala micro y nanométricas representan un impacto [2]. Para llevar a cabo la obtención de las micro, meso y nanoestructuras se han implementado diversas tecnologías, tal como el uso de plantillas conductoras para controlar la deposición electroquímica [1], así como también el uso del *Scanning Electrochemical Microscope* (SECM) empleando ultramicroelectrodos (UMEs), estos últimos juegan un papel importante dentro de la electrodeposición localizada ya que debido a sus dimensiones reducidas permiten controlar la formación de un número específico de núcleos activos [2]. Es por ello que en el presente trabajo se utilizó un ultramicroelectrodo de cobalto de 7 µm de diámetro como la fuente principal de iones cobalto para la electrodeposición localizada sobre un sustrato de carbón vítreo.

2. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la electrodeposición localizada se realizó un estudio electroquímico partiendo del baño electrolítico conformado por 0.01 M $CoCl_2$ + 0.1 M de NH_4Cl, para determinar los potenciales de reducción y oxidación sobre los sustratos de carbón vítreo (CV). Una vez obtenidos los resultados electroquímicos, con la ayuda de un microscopio electroquímico de barrido el cual estuvo conectado a un bipotenciostato UNISCAN M370 (SECM) se posicionó un UME-Co sobre el sustrato de CV, controlando la posición y la altura con los microposicionadores X, Y, y Z.

3. RESULTADOS

Se realizó la electrodeposición localizada de Co sobre el sustrato de CV, al cual se le aplicó un potencial de disolución de 0.30 V al UME-Co y un potencial de reducción de -1.1 V al sustrato de CV, con una distancia de aproximación de 3 µm. Bajo estas condiciones se obtuvo un depósito localizado definido. La caracterización se llevó a cabo mediante microscopía óptica digital de alta resolución y se procesó la imagen con el programa ImageJ. Los resultados confirman la formación del depósito en una zona activa de CV, observándose además que la superficie circundante permanece limpia.

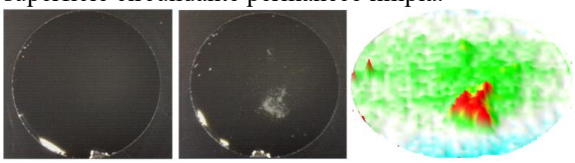


Fig 1. Microscopía óptica a 400× y procesamiento de la imagen con el programa ImageJ, para el sistema

4. CONCLUSIONES

Se logró la electrodeposición localizada de cobalto sobre carbón vítreo utilizando un ultramicroelectrodo de Co de 7 µm de diámetro como fuente de iones metálicos y un sistema SECM para controlar el proceso. Las condiciones empleadas permitieron obtener depósitos bien definidos y confinados espacialmente, cuya formación fue confirmada mediante microscopía óptica y análisis de imágenes.

5. REFERENCIAS

[1] B. Völkel *et al., Surf. Sci.,* **vol. 597,** no. 1-3, pp. 32-41, (2005).

[2] J. A. Corona, *et al., ECS Trans.,* **vol. 101,** no. 1, pp. 409-413, (2021).

Efecto de ftalocianinas de cobalto en las propiedades electroquímicas del Bi_2WO_6.

Presentación **Oral**

J.E. Durán Rios[1], R. Ortega Borges[1], M. Hojamberdiev[1], J.A. Díaz Real[1*]

[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, 76703, Querétaro, México

E-mail: jdiaz@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN (MA

En la actualidad el crecimiento poblacional y el aumento en el consumo, ha llevado a un incremento acelerado en el uso de recursos naturales, principalmente los recursos hídricos. Estos una vez utilizados en las diferentes actividades son contaminados con diferentes sustancias que pueden ser dañinas a los ecosistemas circundantes.

Los procesos Fotoelectrocatalíticos que utilizan semiconductores surgen como una posible solución a la problemática anterior. El uso de materiales como el Bi_2WO_6 sensibilizados con moléculas orgánicas como las ftalocianinas de cobalto (CoPcs) se ha vuelto muy importante en la investigación actual debido a que estas pueden modificar el espectro de absorción del semiconductor y el mecanismo de transferencia y generación de cargas. Por tanto, este trabajo estudio el efecto de las CoPc en los procesos de recombinación del semiconductor, la modificación del espectro de absorción y el cambio en sus propiedades fotoelectroquímicas.

2. METODOLOGÍA

Se fabricaron películas semiconductoras utilizando FTO como sustrato y la técnica de spray coating para depositar los materiales; se caracterizaron los materiales con técnicas fotoelectroquímicas y ópticas, y finalmente se evaluó su uso en la degradación de rodamina B.

3. RESULTADOS

Se realizaron diferentes pruebas electroquímicas y fotoelectroquímicas (Voltamperometrías lineales y cíclicas, medición de potencial de circuito abierto, cronoamperometrías y Mott-Schottky).

Uno de los resultados más destacables para estos materiales fue la reducción de la carga integrada asociada a los sobretiros de corriente (comúnmente asociados a recombinación), cuando se realizaron las cronoamperometrías o transitorios de corriente (**Figura 1**).

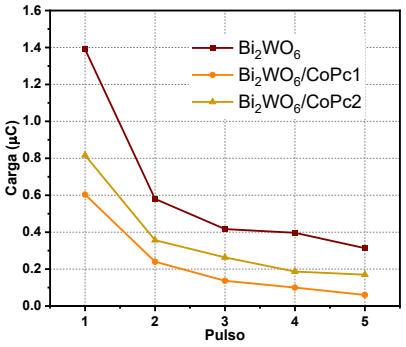


Figura 1 Carga asociada a los sobretiros de corriente de cada material.

4. CONCLUSIONES

Los materiales presentaron una reducción de sobretiros de corriente cuando las ftalocianinas de cobalto están presentes (**Figura 1)**, una carga generada ligeramente más grande y una rectificación del potencial más rápida. Contrariamente a esto la degradación de la rodamina B no presento un cambio positivo con la sensibilización de los materiales. Lo cual se asoció a fenómenos cinéticos que obstruyen una transferencia de carga rápida [1].

5. REFERENCIAS

[1] Archer, M. D., & Nozik, A. J. (2008). *Nanostructured and Photoelectrochemical Systems for Solar Photon Conversion, pp. (511-513)*. World Scientific Publishing Co. and Imperial College Press, Londres (2008).

.

Redes de Grafeno 3D Corrugadas con Intercalación Molecular de β-CD: Aceleración de la Cinética de Transferencia de Carga Interfacial

Presentación **Oral**

M.I. López-Cázares[1*], L.M. Torres-Rodríguez[1]
[1]Laboratorio de Electroquímica, Facultad de Ciencias Químicas, UASLP.
E-mail: irene.lopcaz@2gmail.com, irene.lopez@uaslp.mx

1. INTRODUCCIÓN

El grafeno es un nanomaterial con excelentes propiedades mecánicas, eléctricas y alta área superficial, lo que lo hace atractivo para dispositivos electroquímicos. Sin embargo, su aplicación se limita por el reapilamiento de las láminas por interacciones π-π y fuerzas de Van der Waals, que reducen el área activa y transferencia de carga [1-3] El óxido de grafeno (GO) y su reducción a rGO representan una ruta escalable, aunque el colapso estructural persiste si no se estabiliza adecuadamente. La intercalación molecular con β-ciclodextrina (β-CD) permite mantener una arquitectura tridimensional porosa, preservar defectos activos y mejorar la cinética electroquímica [3] . Evidencias recientes indican que estos puentes interfaciales favorecen la transferencia de carga más que el simple arrugamiento del grafeno [1-3] . En este trabajo se correlacionan las propiedades estructurales y morfológicas con el desempeño electroquímico para demostrar el efecto de esta arquitectura en el transporte de carga y masa.

2. METODOLOGÍA

El material grafénico se sintetizó a partir de puntas de lápiz de grafito mediante un pretratamiento ácido, activación electroquímica, exfoliación, e intercalación electroquímica. Las dispersiones obtenidas se separaron por estratificación y se recolectaron para la caracterización estructural, fisicoquímica, y electroquímica.

3. RESULTADOS

Los análisis confirmaron la exfoliación del grafito, la formación de rGO de pocas capas y una arquitectura tridimensional porosa estabilizada (Figura 1). El tratamiento con β-ciclodextrina disminuyó el reapilamiento de las láminas. Las evaluaciones electroquímicas mostraron un incremento de la respuesta pseudocapacitiva y una reducción del 75 % en la resistencia de transferencia de carga, y se confirmo un transporte de masa controlado por difusión.

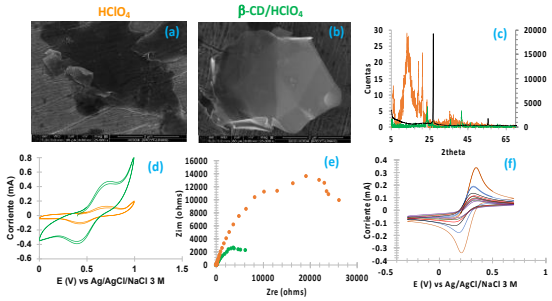


Figura 1. Micrografías de redes de grafeno (a y b), Difractogramas (c), Voltamperometría cíclica e impedancia (d y e) y voltamperometría en sonda capa por capa (f)

4. CONCLUSIONES

Se obtuvo un compuesto nanoestructurado de óxido de grafeno reducido (rGO) de pocas capas intercalado con β-ciclodextrina. DRX, Raman, UV-Vis, FTIR y MEB confirmaron la exfoliación, reducción y formación de una arquitectura tridimensional porosa. El tratamiento con $HClO_4$ favoreció la exfoliación y la β-ciclodextrina estabilizó las láminas, reduciendo más del 75 % la resistencia a la transferencia de carga y mejorando el desempeño electroquímico del material.

5. REFERENCIAS

[1] E. Umar, M. Ikram, J. Haider, W. Nabgan, M. Imra G. Nazir, *Journal of Environmental Chemic Engineering*, 11, 110339 (2023).

[2] R. Patil, S. Dutta, *Advanced Materials Interfaces*, 1 2202137 (2023).

[3] L. Xu, Y. Liu, X. Xuan, X. Xu, Y. Li, T. Lu, L. Pa *Materials Horizons*, 11, 2974 (2024).

Modificación y caracterización de electrodos de pasta de carbono y grafito de lápiz con unas cuantas capas de grafeno por exfoliación asistida por β-ciclodextrinas

Presentación **Oral**

L.M Torres-Rodríguez*, G.A Méndez Rivera, M.I López Cázares, A. Montes Rojas
E-mail: luzmaria@uaslp.mx

1. INTRODUCCIÓN

El grafeno (Gr) y sus derivados presentan propiedades únicas entre ellas una alta conductividad eléctrica y gran área superficial, por lo que la incorporación de estos materiales a electrodos ha sido aplicada para catalizar diferentes reacciones. Un método poco usado para esta modificación consiste en tratar grafito en un proceso de intercalación-exfoliación electroquímica, en el cual el Gr producido queda inmovilizado en la superficie del grafito [1]. Un inconveniente de esta técnica es que se requieren medios muy corrosivos y altos potenciales, lo que no permite un buen control de la síntesis de Gr. Sin embargo, en estudios anteriores se mostro que el ciclado de electrodos de pasta de carbono (EPC) en presencia de β-ciclodextrinas (β-CD) conduce a la exfoliación de unas cuantas láminas de Gr [2], empleando condiciones relativamente suaves. Por lo que en este trabajo se propone, evaluar si es posible la modificar EPC y grafito de lápiz (EGL) con Gr, así como evaluar sus propiedades catalíticas hacia diferentes compuestos

2. METODOLOGÍA

Un área fija de los EPC y EGL fueron sometidos a barridos de potencial en una solución formada por $HClO_4$ (1 $molL^{-1}$) y β-CD (0.01 $molL^{-1}$) entre 0 y 1450 mV vs Ag/AgCl a 100 mVs^{-1}. Los electrodos resultantes fueron caracterizados por diferentes métodos.

3. RESULTADOS

Durante el tratamiento de barridos de potencial, en ambos casos se observó un incremento de corriente a cada ciclo de potencial, esto debido al incremento del área debido a la intercalación de los aniones entre las láminas del grafito. El EGL requirió de un tratamiento para poder modificarse, el cual consistió en una expansión química. Los espectros de FTIR muestran en ambos casos que el material obtenido no presenta grupos funcionales nuevos. En tanto que los espectros de Raman y XRD evidencian una disminución del número de capas del grafito, confirmando la modificación de los electrodos con unas cuantas láminas de Gr. Adicionalmente, en las imágenes de microscopia electrónica de barrido de ambos materiales se puede observar la presencia de láminas de Gr (Figura 1). Finalmente, los electrodos modificados presentaron una mejora considerable en la respuesta electroquímica de diferentes analitos.

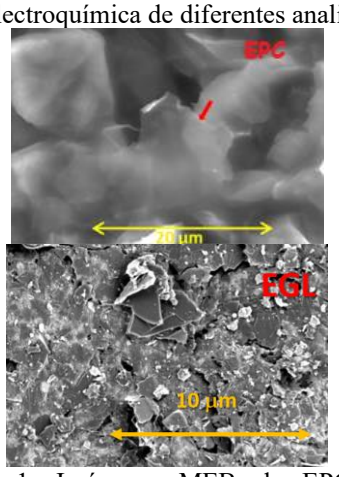


Figura 1. Imágenes MEB de EPC y EGL modificados

4. CONCLUSIONES

La modificación electroquímica de EPC y EGL conduce a la formación de unas cuantas capas de Gr en su superficie, la exfoliación es más factible en EPC.

5. REFERENCIAS

[1] J. Tang, S. Chen, Y. Yuan, X. Cai, S. Zhou, *Biosensors and Bioelectronics*, **71**, 387, (2015).

[2] G.A Méndez Rivera, L.M Torres Rodríguez, C. Martínez Sánchez, A. Montes Rojas, C.A, Llamas Castro, M.L Betancourt Mendiola, *Journal of Electroanalitica Chemistry*, **995**, 119325, (2025).

Efecto del diseño geométrico del sustrato en la respuesta electroquímica de fotocatalizadores inmovilizados de Cu_xO

Presentación **Oral**

L. A. Avalos-Elizondo[1], P. C. Meléndez-González[1,2], L. P. Domínguez-Jaimes[3], J. M. Hernández-López[1]*

[1]Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

[2]Interface Design, Helmholtz Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Albert-Einstein-Str. 15, Berlin 12489, Germany.

[3]Universidad Tecnológica de Querétaro (UTEQ), División Industrial, Querétaro, México.

E-mail: juan.hernandezlz@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

La geometría de un electrodo no solo determina su forma macroscópica; también modifica la distribución de corriente, el transporte de especies y la nucleación de capas anódicas. En este trabajo se evaluó el efecto de tres sustratos conductores impresos en 3D (M1, M2 y M3) sobre el crecimiento electroquímico de capas de Cu_xO y su respuesta fotoelectroquímica bajo luz visible. El objetivo fue correlacionar el diseño geométrico, la formación de fases Cu_2O/CuO, el transporte de carga y el desempeño fotocatalítico, analizando la degradación de sulfametoxazol (SMX) como contaminante modelo [1,2].

2. METODOLOGÍA

Los sustratos 3D fueron activados mediante la aplicación de un recubrimiento conductor y posteriormente un electrodepósito de Cu; posteriormente se electropulieron y se anodizaron en un medio alcalino a 10 mA cm^{-2}, 80 °C y 5 min. Las capas se caracterizaron por FE-SEM/EDS, DRX, XPS, UV-Vis DRS y PL. La respuesta electroquímica se evaluó mediante cronoamperometría luz/oscuridad, Mott-Schottky y voltamperometría para estimar el área electroquímicamente activa (ECSA). La actividad fotocatalítica se validó por degradación de SMX bajo luz visible y análisis de COT.

3. RESULTADOS

Las curvas de anodizado evidenciaron que la geometría modificó el crecimiento de Cu_xO, asociado con la redistribución local de líneas de campo eléctrico y transporte de especies OH^- durante el anodizado. Entre las tres geometrías, Tabla 1, M2 mostró el mejor compromiso entre crecimiento de la capa, transporte de carga y actividad fotocatalítica, alcanzando una ECSA de 390.2 cm^2, una densidad de portadores bajo luz (2.63×10^{20} cm^{-3}) y una remoción del 83 % de SMX con 90 % de mineralización. El comportamiento tipo *p* se confirmó por Mott-Schottky y la cinética de M1 y M2 se ajustó a pseudo-primer orden, con k_{ap} = 0.270 h^{-1} para M2 [3].

Tabla 1. Relación entre geometría, propiedades electroquímicas y desempeño fotocatalítico.

Muestra	Espesor capa anódica (µm)	ECSA (cm^2)	Remoción SMX / Mineralización (%)
M1	2.28	313.8	71 / 85
M2	3.12	390.2	83 / 90
M3	9.41	247.5	53 / 74

4. CONCLUSIONES

La geometría del sustrato controló la formación, espesor y respuesta fotoelectroquímica de las capas anódicas de Cu_xO. Aunque la geometría M3 favoreció un mayor espesor, la geometría, muestra M2 maximizó el área electroquímicamente activa y la generación de portadores, logrando el mejor desempeño. Estos resultados muestran que el diseño geométrico del soporte constituye una estrategia para mejorar el desempeño de fotocatalizadores inmovilizados mediante el control del crecimiento electroquímico del Cu_xO, evitando modificaciones químicas adicionales.

5. REFERENCIAS

[1] P. C. Meléndez-González, W. J. Pech-Rodríguez, E. Luévano-Hipólito, A. Hernández-Ramírez, J. M. Hernández-López, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **12**, 112551, (2024).
[2] G. D. Sulka, *Nanostructured Anodic Metal Oxides: Synthesis and Applications*, p. 415, Elsevier, (2020).
[3] B. K. Meyer, A. Polity, D. Reppin, M. Becker, P. Hering, P. J. Klar, Th. Sander, C. Reindl, J. Benz, M. Eickhoff, C. Heiliger, M. Heinemann, J. Bläsing, A. Krost, S. Shokovets, C. Müller, C. Ronning, *physica status solidi (b)*, **249**, 1487, (2012).

Caracterización y preparación de fotoelectrodos basados en Mg-ZnO (MZO) para su uso en celdas fotoelectroquímicas

Presentación **Oral**

G.J. Sánchez[1], L. Veleva[*1], A. Vega[2], M. Loeza[1], E. Flores[*1]

1. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (Cinvestav Unidad Mérida). Km. 6 Antigua carretera a Progreso Apdo. Postal 73, Cordemex, 97310 Mérida Yuc. MX.
2. Universidad Modelo de Mérida, Carretera a Cholul, 200 m after Periférico, Mérida, Yuc. MX.

E-mail: veleva@cinvestav.mx; eduardo.flores@cinvestav.mx

1. INTRODUCCIÓN.

Una de las estrategias para modificar la posición de la banda de conducción del ZnO para mejorar su desempeño fotovoltaico es a través de la sustitución catiónica [1]. La incorporación de iones Mg^{2+} ha resultado altamente efectiva, alcanzando límites de solubilidad de hasta un 33% dependiendo de la técnica empleada, esto es facilitado por los radios iónicos similares del Zn^{2+} (0.60 A) y el Mg^{2+} (0.57 A) [2, 3]. En este trabajo se explora el uso de películas de MZO depositadas por RF-sputtering como fotoánodos en celdas fotoelectroquímicas de tres electrodos.

2. METODOLOGÍA

Las películas de MZO fueron depositadas en dos series, una sobre vidrio y otra sobre sustratos de FTO, por la técnica de sputtering por radio frecuencia (RF) con mezcla Ar/O_2 a 20 mTorr. Se obtuvieron tres relaciones de área (Mg/Zn) con respecto al target (26, 39 y 52%). Para los estudios electroquímicos se realizaron con una configuración de tres electrodos, usando un electrodo de Ag/AgCl como referencia y Pt como contraelectrodo, en una solución de KOH (pH=13). El simulador solar fue configurado para proporcionar 1 Sol.

3. RESULTADOS

La Figura 1 presenta las posiciones de las bandas de energía de las muestras semiconductoras en función del área de Mg, junto con los potenciales redox del agua. La posición del borde de la banda de conducción (E_{BC}) se estimó a partir del potencial de banda plana (E_{fb}) obtenido de las curvas de Mott-Schottky, mientras que la posición de la banda de valencia (E_{BV}) se dedujo a partir del Eg óptico determinado por Tauc.

Para que un semiconductor sea termodinámicamente viable como fotoánodo para la oxidación del agua, es necesario que el borde de su banda de valencia se encuentre a un potencial más positivo (mayor energía) que el potencial redox del par O_2/H_2O (0.46 V vs. NHE, pH = 13).

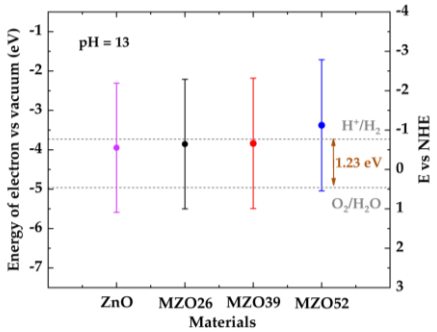


Figura 1. Posiciones de las bandas de energía de las muestras en función de la cantidad de Mg en MZO.

4. CONCLUSIONES

Todas las muestras presentan una posición de la E_{BV} favorable para llevar a cabo la reacción de oxidación del agua. Por su parte, el incremento del E_g inducido por el dopaje de Mg desplaza el borde de la E_{BC} hacia potenciales más negativos. Este desplazamiento catódico aleja la banda de conducción de la región donde ocurre la reducción del par H^+/H_2 (-0.77 V vs NHE, pH = 13). Si el contenido de Mg incrementa, la posición de la E_{BV} saldría de la región de oxidación y dejaría de comportarse como un fotoánodo.

5. REFERENCIAS

[1] R. Vittal and K.-C. Ho, *Renewable Sustainable Energy Rev.*, **70**, 920, (2017).
[2] V. Etacheri, R. Roshan and V. Kumar, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **4(5)**, 2717, (2012).
[3]A. Ohtomo, M. Kawasaki, T. Koida, K. Masubuchi, H. Koinuma, Y. Sakurai, Y. Yoshida, T. Yasuda and Y. Segawa, *Appl. Phys. Lett.*, **72(19)**, 2466, (1998).

Análisis electroquímico de la electrodeposición de hierro sobre un sustrato de carbón vítreo

Presentación **Oral**

M. I Cruz Martínez[1], C.H. Rios-Reyes[1], L. H. Mendoza Huizar[1*]

[1]Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Área académica de Química; Mineral de la Reforma, 42184, México.

E-mail: hhuizar@uaeh.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

La electrodeposición de metales de transición sobre sustratos inertes ha ganado gran interés debido a sus aplicaciones en almacenamiento magnético, electrocatálisis remediación ambiental y nanoestructuras funcionales. Entre estos metales, el hierro (Fe) destaca por su abundancia, bajo costo, no tóxico y con excelentes propiedades magnéticas y catalíticas, siendo especialmente valioso como catalizador para la reacción de evolución de hidrógeno (HER) y en sistemas microelectromecánicos (MEMS). Para controlar las propiedades del hierro electrodepositado, resulta esencial comprender las primeras etapas de nucleación y crecimiento sobre diferentes sustratos y composición del baño electroquímico, un ejemplo de ello son los electrodos de carbón vítreo (GCE) y los baños electroquímicos a base de soluciones amoniacales[1]. Es por ello que en el presente trabajo nos enfocamos en realizar un estudio cinético, electroquímico y morfológico de la electrodepositación de hierro sobre un sustrato de carbón vítreo a partir de un baño electrolítico compuesto por 0.01 M $FeCl_2$ + 0.1 M de NH_4Cl con la finalidad de obtener los parámetros cinéticos y la morfología mediante AFM y SEM.

2. METODOLOGÍA

Los experimentos se llevaron a cabo en una celda electroquímica compuesta de tres electrodos; en donde el electrodo de trabajo fue electrodo de GCE, un electrodo de referencia de Ag/AgCl y como electrodo auxiliar una barra de grafito, a partir del baño electrolítico compuesto por 0.01 M $FeCl_2$ 0.01 M + 0.1 M NH_4Cl a pH 6 y 25°C, las soluciones se prepararon utilizando reactivos grado analítico y los experimentos electroquímicos se llevaron a cabo con ayuda de un bipotenciostato UNISCAN, el cual estuvo conectado a un ordenador que ejecuta el software UI M370 para el control del experimento y la adquisición de datos.

3. RESULTADOS

Mediante el estudio termodinámico se determinó el potencial de equilibrio de la especie predominante $Fe^{2+} + 2\ e^- \rightarrow Fe^0$ fue de -0.727 V, este dato nos orientó a conocer la ubicación de la especie en estudio, el estudio voltamperométrico nos mostró que a bajas velocidades de barrido se favorece la electrodepositación de Fe, mientras que a velocidades altas se encuentra cinéticamente limitado, con el estudio cronoamperométrico nos permitió obtener los parámetros cinéticos asociados a la electrodepositación de Fe y mediante el estudio morfológico SEM y AFM se visualiza los mecanismos de nucleación y su morfología.

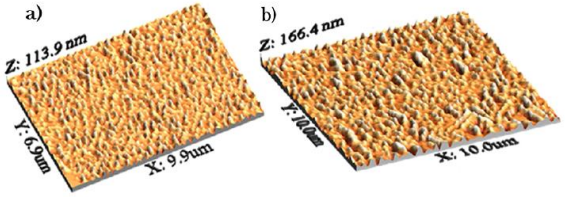


Fig 1. Microscopía AFM de la electrodepositación de Fe a -1.04 V y -1.22 V para el sistema CV/0.01 M FeCl2 0.01 M + 0.1 M NH4Cl

4. CONCLUSIONES

El análisis termodinámico, electroquímico y morfológico de la electrodepositación de hierro sobre un sustrato de carbón vítreo utilizando un medio amoniacal se mostró que el proceso está condicionado de manera significativa por fenómenos de competencia tanto en la interfaz como en la dinámica cinética

5. REFERENCIAS

[1] D. Grujicic *et al., Electrochim. Acta.,* **vol. 49,** no. 26, pp. 4719-4732, (2004).

Desarrollo de electrodos modificados con nanotubos de carbono funcionalizados con magnetita y su aplicación en biomedicina.

Presentación **Oral**

J. L. Barrera Velázquez[1], E. R. Larios Durán[2], E. B. Figueroa Ochoa[1], S. M. Nuño Donlucas[2], M. Bárcena Soto[1].

[1]Departamento de Química CUCEI Universidad de Guadalajara.

[2]Departamento de Ingeniería Química CUCEI Universidad de Guadalajara.

E-mail: jose.barrera2895@alumnos.udg.mx , maximiliano.barcena@academicos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los nanotubos de carbono (CNTs) son nanomateriales de interés en el campo de la biomedicina debido a su posible utilidad en la dosificación de fármacos. Además, su alta conductividad eléctrica los hace atractivos para el desarrollo de electrodos modificados [1].

A pesar de que los CNTs poseen por sí mismos una amplia conductividad eléctrica, los nanotubos oxidados ($CNTs_{OXI}$) presentan un mayor potencial a la detección de fármacos [2]. Por otro lado, al funcionalizar los CNTs con nanopartículas de magnetita (MAG), se puede mejorar la biocompatibilidad, a la vez que pueden utilizarse como electrodos modificados que responden a estímulos externos, como los campos eléctricos [3].

En esta investigación se presenta el desarrollo de electrodos modificados con $CNTs_{OXI}$ y CNTs funcionalizados con MAG ($CNTs_{MAG}$) para la detección de fármacos, así como en el estudio de su estabilidad ante un campo eléctrico externo.

2. METODOLOGÍA

Se fabricaron electrodos modificados de pasta de grafito (GRAF), uno con $CNTs_{OXI}$ y otro $CNTs_{MAG}$, utilizando como blanco un electrodo de GRAF sin modificar. La respuesta electroquímica se evaluó mediante voltametría cíclica (VC) y espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) empleando una celda convencional de tres electrodos, con un alambre de platino (Pt) como contraelectrodo y un electrodo de calomelanos (SCE) como referencia.

Las mediciones se realizaron en soluciones de buffer de fosfatos (PBS a pH 7.4) con y sin fármaco Metotrexato (MTX) disuelto, con el objetivo de evaluar la capacidad de los electrodos de identificar medicamentos y determinar la estabilidad dentro de los electrodos.

3. RESULTADOS

Se realizaron mediciones de voltametrías cíclicas con el fin de evaluar la estabilidad del fármaco ante el estímulo eléctrico en los electrodos de GRAF y $CNTs_{MAG}$, identificando un pico irreversible de oxidación para el caso del electrodo de GRAF (ver Figura 1). Posteriormente se evaluaron, a través de EIS, la resistencia eléctrica y la capacidad de detección del fármaco de los tres electrodos.

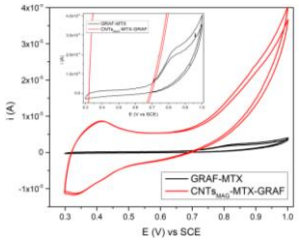


Figura 1. CV del electrodo de GRAF (línea negra) y el electrodo modificado con $CNTs_{MAG}$ (línea roja), en una solución de PBS pH 7.4, ambos electrodos cargados con el fármaco MTX en proporción 1% (p/p).

4. CONCLUSIONES

Las voltamperometrías cíclicas de los electrodos de GRAF y $CNTs_{MAG}$ cargados con el fármaco MTX, muestran que la nanoestructura funcionalizada mantiene estable el medicamento en la ventana de potencial eléctrico aplicado, sin mostrar oxidación. Por su parte, la EIS, proporciona información sobre la alta conductividad de los $CNTs_{OXI}$ y la comparación de los tres sistemas para la liberación y detección del fármaco.

5. REFERENCIAS

[1] S. H. Kim et al., *Toxics*, vol. 8, 1, (2020).

[2] V. Stege et al., *Appl. Mater. Today*, vol. 50, 75, (2026).

[3] K. K. Hoomani, et al., *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 706, 35, (2025).

Actividad electrocatalítica de nanoestructuras de cobre hacia la electrooxidación de metanol

Presentación **Oral**

Y. Rodríguez Santillán[1], C.H. Rios Reyes[1], G.A. Álvarez Romero[1], L. H. Mendoza Huizar[1*],

[1] Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, 42184 Hidalgo, México

E-mail: hhuizar@uaeh.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible de metanol directo (DMFC) constituyen una alternativa atractiva para la conversión de energía química en electricidad, debido a la alta densidad energética del metanol y su facilidad de almacenamiento [1]. En este contexto, el cobre ha despertado interés como catalizador de bajo costo y alta conductividad, cuya actividad electrocatalítica se ve modulada por sus características estructurales y superficiales [2]. La electrodeposición potenciostática permite controlar la morfología y la densidad de sitios activos; por ello, en este trabajo se evaluó la influencia del potencial de electrodeposición sobre la actividad electrocatalítica de nanopartículas de cobre depositadas sobre carbón vítreo para la oxidación de metanol en medio alcalino.

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron nanoestructuras de cobre (NPs-Cu) sobre electrodos de carbón vítreo (GCE) mediante electrodeposición potenciostática por pulsos desde un baño de 0.001 M $Cu(ClO_4)_2 \cdot 6H_2O$ y 0.1 M $NaClO_4$ (pH 5.5). Para optimizar la morfología, se evaluaron diferentes potenciales de deposición (+20 a -40 mV vs. Ag/AgCl) y tiempos de pulso (100-900 ms). La caracterización morfológica se realizó por SEM, y la actividad electrocatalítica se evaluó mediante voltametría lineal en un rango de potencial de -600 a +1200 mV, empleando soluciones de NaOH 0.1 M con concentraciones variables de metanol (0.1 a 0.6 M).

3. RESULTADOS

Los voltamogramas lineales mostraron que la oxidación de metanol inicia a potenciales cercanos a +0.82 V, mediada por especies Cu(III) (CuOOH) [3]. Los electrodos modificados con NPs-Cu presentaron un incremento significativo en la densidad de corriente en comparación con el electrodo de carbón vítreo sin modificar, demostrando la actividad electrocatalítica de las nanoestructuras. El análisis por SEM reveló una evolución morfológica dependiente del tiempo de deposición: nanocubos aislados (0.1 s), interacción entre partículas (0.5 s), redes interconectadas con 50–60% de cobertura (0.7 s) y agregados esferoidales por coalescencia en tiempos prolongados. La variación en la concentración de metanol (0.1–0.6 M) mostró una respuesta sistemática en la densidad de corriente, evidenciando la influencia conjunta de la estructura superficial y la concentración de metanol.

4. CONCLUSIONES

La electrodeposición potenciostática por pulsos permite modular la morfología de nanoestructuras de cobre y con ello, su actividad electrocatalítica en la oxidación de metanol. La caracterización mediante SEM, junto con los ensayos en un amplio rango de concentraciones de metanol, permitió establecer relaciones estructura-función que orientan la selección de condiciones de síntesis. Los resultados obtenidos confirman el potencial de las NPs-Cu como materiales anódicos de bajo costo para aplicaciones en DMFC.

5. REFERENCIAS

[1] P. Joghee, J. N. Malik, MRS Energy & Sustainability – A Review Journal, 2, 1, (2015).

[2] H. Heli, M. Jafarian, M. G. Mahjani, F. Gobal, Electrochimica Acta, 49, 4999, (2004).

[3] M. Fleischmann, K. Korinek, D. Pletcher, Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry, 31, 39, (1971).

Y.R.S. agradece a la SECIHTI la beca otorgada para realizar estudios de doctorado.

Actividad catalítica de electrodepósitos de níquel en la reacción de electrooxidación de metanol

Presentación **Oral**

Y. Rodríguez Santillán[1], C.H. Rios Reyes[1], G.A. Álvarez Romero[1], L. H. Mendoza Huizar[1*],

[1] Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, 42184 Hidalgo, México

E-mail: hhuizar@uaeh.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible de metanol directo (DMFC) requieren electrocatalizadores eficientes y de bajo costo para su viabilidad comercial. En este contexto, los electrodepósitos de níquel se presentan como una alternativa atractiva al Pt, destacando por su estabilidad en medio alcalino y su actividad electrocatalítica intrínseca [1]. En este trabajo, se sintetizaron recubrimientos de Ni sobre electrodos de carbón vítreo (GCE) mediante electrodeposición potenciostática por pulsos, con el propósito de analizar cómo el potencial de deposición y la concentración de metanol influyen en su desempeño electrocatalítico.

2. METODOLOGÍA

Las estructuras de Ni se electrodepositaron sobre GCE mediante cronoamperometría desde una solución 0.001 M de $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ y 0.1 M de KCl (pH 6.5). Para optimizar las condiciones de síntesis, se evaluaron potenciales de deposición en el rango de -960 a -1100 mV vs. Ag/AgCl, con tiempos de pulso entre 0.1 y 0.9 s. La configuración electroquímica consistió en un sistema de tres electrodos: Ag/AgCl como referencia, barra de grafito como contraelectrodo y GCE (3 mm diámetro) como electrodo de trabajo. La actividad catalítica se evaluó por voltametría lineal (-600 a +1200 mV, 20 mV/s) en NaOH 0.1 M con metanol 0.1–0.6 M.

3. RESULTADOS

La oxidación de metanol en presencia de depósitos de Ni ocurre en el rango de potencial característico de la transición Ni(II)/Ni(III), confirmando la participación de especies NiOOH como mediadores del proceso electrocatalítico [2]. Los electrodos modificados mostraron densidades de corriente notablemente superiores al GCE sin modificar, evidenciando su actividad catalítica. La respuesta electroquímica dependió del potencial de deposición, observándose comportamientos diferenciados en la corriente de oxidación, lo que sugiere que este parámetro modula las características superficiales de las partículas. Asimismo, la variación en la concentración de metanol (0.1–0.6 M) evidenció cambios en la densidad de corriente, indicando que la disponibilidad del metanol afecta la cinética del proceso sobre las partículas de Ni.

4. CONCLUSIONES

La electrodeposición potenciostática por pulsos permitió obtener partículas de Ni con diferente actividad electrocatalítica hacia la oxidación de metanol, dependiendo del potencial de deposición empleado. Los electrodos modificados con Ni mostraron una actividad catalítica superior al electrodo sin modificar, posicionando a este material como una alternativa viable y de bajo costo para su uso en DMFC. El estudio en un amplio rango de concentraciones de metanol permitió establecer la influencia de la concentración del sustrato sobre la respuesta electroquímica, evidenciando el potencial del Ni como material anódico para aplicaciones en celdas de combustible.

5. REFERENCIAS

[1] K. Rahmani, B. Habibi, RSC Advances, 9, 3405 (2019).

[2] M. Fleischmann, K. Korinek, D. Pletcher, Journal Electroanalytical Chemistry and Interfaci Electrochemistry, 31, 39, (1971).

Y.R.S. agradece a la SECIHTI la beca otorgada para realizar estudios de doctorado.

Caracterización electroquímica de extractos de *Psilocybe cubensis* obtenidos en diferentes medios de extracción.

Presentación **Oral**

J. Iván Aldana-González*, S. I. Rivera Hernández[1], E. Díaz Ramírez[1], M. Palomar-Pardavé[1]

[1] Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Departamento de Materiales. Área Electroquímica e Ingeniería Materiales. Av. San Pablo No. 420 Col. Nueva el Rosario C.P. 02128. Alcaldía Azcapotzalco, CDMX, México

E-mail: jiag@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de inhibidores de corrosión de origen natural ha cobrado interés debido a la necesidad de desarrollar alternativas más sostenibles y con menor impacto ambiental que los inhibidores convencionales. Diversos metabolitos secundarios presentes en organismos naturales poseen grupos funcionales capaces de interactuar con superficies metálicas y modificar los procesos de oxidación y reducción involucrados en la corrosión. En este contexto, los extractos obtenidos a partir de *Jack Frost* representan una fuente potencial de compuestos electroactivos cuyo comportamiento aún no ha sido estudiado desde un punto de vista electroquímico. El objetivo de este trabajo es realizar la caracterización electroquímica de dichos extractos obtenidos en diferentes medios de extracción como etapa inicial para evaluar su posible aplicación en sistemas inhibidores de corrosión. [1-2]

2. METODOLOGÍA

Los extractos de *Jack Frost* fueron obtenidos utilizando diferentes medios de extracción, incluyendo medio acuoso acidificadoun solvente orgánico. La caracterización electroquímica se realizará empleando una celda convencional de tres electrodos, constituida por un electrodo de trabajo de carbono vítreo, un contraelectrodo de platino y un electrodo Ag/AgCl como referencia. Las propiedades redox de los extractos serán evaluadas mediante voltamperometría cíclica con el fin de identificar los procesos de oxidación y reducción asociados a los compuestos electroactivos presentes y analizar la influencia del medio de extracción.

3. RESULTADOS

Se obtuvo la comparación de las respuestas voltamperométricas que permitió identificar diferencias en la actividad electroquímica de los extractos obtenidos en cada medio de extracción. La información obtenida permite establecer las condiciones más adecuadas para estudios posteriores enfocados en evaluar su interacción con superficies metálicas y su potencial aplicación como inhibidores de corrosión.

4. CONCLUSIONES

La caracterización electroquímica constituye una herramienta útil para identificar especies electroactivas presentes en extractos naturales y establecer criterios para su selección en aplicaciones anticorrosivas. Los resultados obtenidos sirven como base para futuras investigaciones orientadas al desarrollo de inhibidores de corrosión derivados de productos naturales.

5. REFERENCIAS

[1] Aldana-González, J.; Espinoza-Vázquez, A.; Romero-Romo, M.; Uruchurtu-Chavarín, J.; Palomar-Pardavé, M. *Electrochemical evaluation of cephalothin as corrosion inhibitor for API 5L X52 steel immersed in an acid medium.* Arabian Journal of Chemistry, 2015, 11(5), 740–748.

[2] Bard, A. J.; Faulkner, L. R. *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*, 2nd ed.; John Wiley & Sons: New York, 2001.

Efecto y comparación de las condiciones de conformado y sinterización de polvos de Fe–Ni y acero inoxidable 316-L en estructuras porosas para aplicaciones en producción de hidrógeno.

Presentación **Oral**

J.I. Villa Tapia[1], J.C. Gonzales Juárez[1], H.J. Vergara Hernández[1], J.S. Téllez Martínez[1], L.R. Olmos Navarrete[2], D. Arteaga Martínez[3]
[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia, DEPI, 58120.
[2]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, INCIT, 58030.
[2]Universidad Nacional Autónoma de México , Instituto de Geociencias, 76230.
E-mail: juanisraelvillatapia17@outlook.com

1. INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de desarrollar tecnologías energéticas sostenibles ha impulsado el interés por materiales capaces de mejorar la eficiencia en procesos relacionados con la producción de energía [1]. Entre estas tecnologías, la producción de hidrógeno ha adquirido gran relevancia debido a su potencial como una energía limpia y a su posible contribución a la reducción de emisiones contaminantes [1,2]. En este contexto, la metalurgia de polvos representa una alternativa atractiva para la fabricación de materiales con arquitecturas porosas controladas, ya que permite modificar características como la densidad, distribución de poros y microestructura final [3]. Particularmente, las aleaciones base Fe–Ni han despertado interés debido a su estabilidad estructural y comportamiento electroquímico, lo que las convierte en candidatas potenciales para aplicaciones relacionadas con procesos electroquímicos y de producción de hidrógeno [4].

2. METODOLOGÍA

En este trabajo se analizó el comportamiento de densificación de una aleación compuesta de Fe–Ni 50–50% peso, considerando la influencia del empaquetamiento inicial de los polvos usados y los mecanismos de difusión atómica del proceso de sinterización. Para ello, los polvos de Fe-Ni fueron compactados mediante prensado uniaxial aplicando diferentes presiones para su conformado. Posteriormente la cinética de sinterización fue evaluada mediante ensayos de dilatometría a diferentes temperaturas siendo 1100, 1150 y 1200 °C, empleando una velocidad de calentamiento de 10 °C/min y un tiempo de mantenimiento corto de 15 min a la temperatura máxima. Se realizo caracterización microestructural de los compactos sinterizados mediante microtomografía de rayos X, utilizando imágenes tridimensionales. Posteriormente, los compactos sinterizados fueron caracterizados mediante microscopía electrónica de barrido con el objetivo de observar la formación y crecimiento de los cuellos de sinterización. Se realizaron ensayos potenciostáticos con la finalidad de evaluar el nivel de degradación del material y analizar su comportamiento electroquímico.

3. RESULTADOS

Se compararon directamente muestras anteriormente realizadas de acero inoxidable 316-L con las piezas de Fe-Ni. Se observo un mayor grado de porosidad, alcanzado valores de densidad menores para el Fe-Ni lo cual significo un aumento del área superficial, obteniendo mejores resultados potenciostáticos para las muestras, donde la rama catódica se comportó de forma más estable y beneficio al proceso de producción de hidrogeno.

4. CONCLUSIONES

La presión de compactación ejerce una influencia significativa sobre la morfología de los poros y la densidad final, estableciendo que la densidad final alcanzada depende principalmente de la presión de conformado y del tiempo efectivo de sinterización, lo cual influye directamente en el área superficial aprovechada por el proceso de producción de hidrogeno obteniendo resultados favorables en las piezas con una arquitectura de mayor porosidad.

Ethaline (DES) como agente de lixiviación y baño electroquímico eficiente para la recuperación de plata a partir de un concentrado sulfurado de argentita

Presentación Oral

A. Sampayo-Garrido[1*], S. Rivera-Hernández[1], A. Rojas-Severiano[1], J. Aldana-González[1], E. M. Arce-Estrada[2], M. Romero-Romo[1], M. Palomar-Pardavé[1]

[1] Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Col. Nueva el Rosario C.P. 02128, CDMX, México.

[2] Instituto Politécnico Nacional. ESIQIE, Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, UPALM, Ed. 7, C.P. 07738 CDMX, México

*E-mail: al2193803317@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

México es el principal productor mundial de plata, por lo que el desarrollo de tecnologías más sostenibles para su recuperación representa un importante desafío. La extracción de plata a partir de minerales sulfurados, como la argentita (Ag_2S), se realiza convencionalmente mediante procesos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos que requieren elevadas cantidades de energía y el uso de reactivos químicos agresivos, además de generar emisiones y residuos con impacto ambiental. En este contexto, los Disolventes Eutécticos Profundos (DES) constituyen una alternativa prometedora debido a su fácil preparación, bajo costo y menor impacto ambiental. [1]. En este trabajo se evaluó la recuperación electroquímica de plata a partir de argentita utilizando Ethaline como medio de lixiviación y electrodeposición.

2. METODOLOGÍA

Se empleó Ethaline (ChCl:EG, 1:2) para la lixiviación de argentita, cuya composición se determinó mediante XRD y XRF, mientras que la concentración de Ag (I) se obtuvo por voltamperometría cíclica. Los depósitos de plata se caracterizaron mediante VC, CA, SEM, y EDX. [2].

3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra el voltamperograma cíclico del lixiviado de argentita (Ag_2S) tras 60 horas de lixiviación en Ethaline. Se observa un pico catódico alrededor de −0.20 V, atribuido a la reducción de las especies de Ag (I) presentes en el lixiviado, lo que evidencia la actividad electroquímica de la plata disuelta. Con base en estos resultados, se realizaron experimentos potenciostáticos para confirmar la formación de depósitos metálicos y evaluar la viabilidad de la recuperación electroquímica de plata.

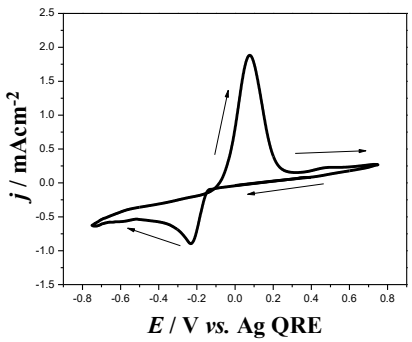


Figura 1. Voltamperograma cíclico del sistema GCE/lixiviado de argentita en Ethaline tras 60 h a 70 °C y 20 mVs^{-1} en dirección catódica.

4. CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que los DES permiten integrar, en una sola etapa, la lixiviación y la recuperación electroquímica de plata a partir de argentita. Los electrodepósitos fueron corroborados mediante SEM y el análisis electroquímico permitió determinar los parámetros cinéticos de nucleación y crecimiento, confirmando el potencial de los DES como una alternativa sostenible y de alta eficiencia.

5. REFERENCIAS

[1] E. L. Smith, A. P. Abbott, K. S. Ryder, Chemical Reviews, 114, 11060, (2014).

[2] J. Aldana-González, M. Romero-Romo, M. Palomar-Pardavé, *et al.*, Journal of the Electrochemical Society, 169, 102504, (2022).

Electrosíntesis de nanoflores híbridas de $Cu_2(PO_4)_2$@ureasa para el biosensado de urea

Presentación **Oral**

B.A. Ramírez Oviedo [1], E.P. Aparicio Martínez[2], R.B. Dominguez[3*]
[1] TNM-Chihuahua, Av. Tecnológico 2909, C.P. 31200, Chihuahua, CHIH México
[2]CIMAV S.C. Miguel de Cervantes 120, C.P. 31136, Chihuahua, México
[3]SECIHTI-CIMAV S.C. Miguel de Cervantes 120, C.P. 31136, Chihuahua, México
E-mail: berenice.dominguez@cimav.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN.

La cuantificación de urea es de interés en aplicaciones ambientales y biomédicas, debido a su relación como biomarcador en la función renal y a su amplio uso como fertilizante nitrogenado. La urea puede detectarse empleando la enzima ureasa, que suele inmovilizarse por enlace covalente o entrecruzamiento, lo que involucra múltiples pasos de funcionalización de la superficie [1]. Las nanoflores híbridas (NFH) emergen como soportes prometedores para la inmovilización debido a su estabilidad, biocompatibilidad y capacidad de carga enzimática [2]. Estas estructuras se obtienen por coprecipitación, donde los grupos NH_2 de la enzima actúan como sitios de nucleación, promoviendo el crecimiento jerárquico de pétalos de $Cu_3(PO_4)_2$ autoensamblados. Sin embargo, esta ruta requiere tiempos de incubación superiores a 72 h. Recientemente, reportamos la electrosíntesis de NFH en menos de 5 minutos partiendo de nanoestructuras de Cu (NsCu) [2]. Este trabajo presenta el desarrollo de un biosensor de urea basado en NFH@ureasa electrosintetizadas directamente sobre un electrodo de grafeno inducido por láser (LIG).

2. METODOLOGÍA

La fabricación del electrodo LIG y las NsCu fueron adaptadas de [2,3]. Posteriormente el electrodo LIG-NsCu se sumergió en una solución PBS-ureasa para generar las NFH por voltamperometría cíclica (VC). El resultado se verificó por microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía de infrarrojo (FTIR) y VC.

3. RESULTADOS

Los resultados por SEM demostraron la evolución morfológica de NsCu de aproximadamente 200 nm a ensambles jerárquicos de NFH@ureasa después de la electrosíntesis en la solución PBS-urea (Figura 1). El espectro FTIR reveló la presencia de las bandas 1642, 1231 y 1111 cm^{-1} vinculados a la formación de $Cu_3(PO_4)_2$ y la presencia de los grupos NH_2 de la ureasa inmovilizada. Posteriormente, se verificó el cambio en la corriente anódica generada en el electrodo LIG-NFH@ureasa ante concentraciones de urea a diferentes valores de pH.

Figura 1. Vista frontal del electrodo LIG-NFH@ureasa.

4. CONCLUSIONES

Se logró la creación de un material híbrido asistido electroquímicamente para la inmovilización de la enzima ureasa, reteniendo su actividad para facilitar el biosensado de urea.

5. REFERENCIAS

[1] S. N. Botewad, D. K. Gaikwad, N. B. Girhe, H. N. Thorat, and P. P. Pawar, *Biotechnology and Applied Biochem*istry **70**, 485, (2023).
[2] Y. Gómez, A. Domínguez-Aragón, E. Aparicio-Martínez, J. Manríquez, and R. B. Dominguez, *Materials Letters*, **395**, 138724, (2025)
[3] E. P. Aparicio-Martínez, A. Vega-Ríos, V. Osuna, and R. B. Dominguez, *Biosensors*, **13**, 207 (2023).

Electrooxidación de glicerol sobre nanoestructuras de Au-Pd: efecto de la arquitectura y el origen sustentable

Presentación **Oral**

L. G. Morales Pérez[2], M. G. Montes de Oca Yemha[1], M.E. Manríquez Ramírez[2], M. Palomar Pardavé[1], M. Corrales Luna[2], A. Romero Hernández[1,2*]

[1] Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Laboratorio Interdisciplinario de Electroquímica e Ingeniería de los Materiales, Departamento de Materiales, CDMX, México.

[2] Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE, UPIEM, Laboratorio de Investigación en Fisicoquímica y Materiales, CDMX, México.

E-mail: aromerohe@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible alcalinas de líquido directo son dispositivos clave para la actual transición energética debido a su alta eficiencia termodinámica [1]. En este contexto, la reacción de oxidación de glicerol (ROG) destaca por su notable densidad energética teórica y, fundamentalmente, por la enorme abundancia de este subproducto en la industria del biodiésel [2]. No obstante, su implementación anódica enfrenta severas limitantes cinéticas debido a la ruptura de enlaces C-C y al rápido envenenamiento de los sitios activos [3]. Aunque el Pd es el metal base por excelencia, su estructuración bimetálica con Au detona un profundo efecto sinérgico. Esta modulación arquitectónica optimiza la energía de adsorción, acelera la cinética global [4]. Comprender esta dinámica electrocatalítica sentará las bases fisicoquímicas para replicar estas eficiencias empleando metales de transición de mayor accesibilidad económica.

2. METODOLOGÍA

Los electrocatalizadores se obtuvieron mediante síntesis verde. Se utilizó aceite esencial de canela y ácido ascórbico como agentes reductores para las fases de Au y Pd, respectivamente. La evaluación electroquímica se realizó en una celda de tres electrodos con los materiales depositados sobre carbón vítreo. El área electroquímicamente activa fue determinada y la actividad en la ROG se evaluó por voltametría cíclica (VC).

3. RESULTADOS

Como se observa en la Figura 1, al evaluar el sistema core@shell (Au@Pd), la mezcla física (Au-Pd) y el metal puro (Pd), la arquitectura Au@Pd exhibió la mayor densidad de corriente en el pico en la ROG. Este incremento confirma que la modulación electrónica inducida por el núcleo de Au (efecto sinérgico) activa la superficie del Pd, maximizando la transferencia de carga [4].

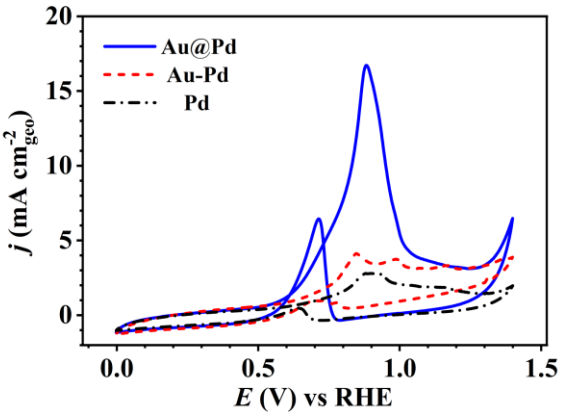


Figura 1. Voltamogramas comparativos de Au@Pd, Au-Pd y Pd en una solución de 1.0 M de KOH + 0.1 M de glicerol a una velocidad de barrido de 20 mV s^{-1}.

4. CONCLUSIONES

La arquitectura Au@Pd maximiza la densidad de corriente en la electrooxidación de glicerol frente al Pd puro y la mezcla física. Este diseño confirma un fuerte efecto sinérgico que hiperactiva la superficie catalítica.

5. REFERENCIAS

[1] V. Silva, et al., Energies, 18, 305, (2025).
[2] Y. Wang, et al., RSC Advances, 15, (2025).
[3] S. Korkmaz, et al., The Journal of Physical Chemistry C, (2025).
[4] C. Liu, et al., ACS ES&T Engineering, 6, 145, (2026).

División 4

Electroquímica de Materiales (EM)

Trabajos Carteles

Síntesis y evaluación electroquímica del In_2O_3 para la reacción de reducción de CO_2 ($RRCO_2$)

[1] Presentación **Poster**

J. A. Díaz Estrada[1], M. Á. Soto-Mendoza[1], R. G. Sánchez-Alvarado[1], C. Ramírez-Rodríguez[1], A. Ezeta-Mejía[1*]

[1]Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas.

Departamento de Metalurgia y Materiales. UPALM. Edificio 7, 07830, CDMX, México.

E-mail: aezetam@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

El incremento en las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) generado por actividades industriales y el uso de combustibles fósiles ha provocado problemas ambientales como el calentamiento global y la acidificación de los océanos, impulsando el desarrollo de tecnologías sustentables para su mitigación. Entre estas, la reacción electroquímica de reducción de CO_2 ($RRCO_2$) ha emergido como una alternativa prometedora debido a su capacidad para transformar CO_2 en productos químicos y combustibles de valor agregado utilizando electricidad proveniente de fuentes renovables.

En este contexto, el óxido de indio (In_2O_3) ha despertado interés como electrocatalizador debido a su estabilidad electroquímica y alta selectividad durante la $RRCO_2$. Además, las vacancias de oxígeno y las propiedades superficiales del In_2O_3 favorecen la adsorción y activación del CO_2, mejorando su desempeño catalítico.

2. METODOLOGÍA

Se empleó una síntesis hidrotermal para la obtención de In_2O_3. Se solubilizó nitrato de indio y CTAB en una mezcla de agua destilada y etanol. La solución se transfirió a un reactor hidrotermal y se trató a 120 °C durante 4 horas. El material obtenido fue recuperado por centrifugación, lavado y secado a 60
°C. La caracterización se realizó mediante MEB y DRX. La evaluación electroquímica se llevó a cabo empleando $KHCO_3$ como electrolito y una solución de KCl + $K_4[Fe(CN)_6]$ para la determinación del ECSA.

3. RESULTADOS

Mediante MEB se determinó que el material sintetizado posee una morfología cúbica con un tamaño de partícula promedio de 517.94 nm (0.52 µm). El análisis por DRX permitió identificar la fase cristalina del óxido de indio. Asimismo, mediante la aplicación de la ecuación de Scherrer, se determinó un tamaño promedio de cristalita de 36.25 nm. El Área Superficial Electroquímicamente Activa (ECSA) se calculó a través del ajuste lineal del modelo de Randles-Sevcik, obteniendo un valor de 0.07 cm². La evaluación electroquímica mediante VC en ausencia de CO_2 registró una corriente farádica de j_{N_2} = -2.22 mA/cm². Al evaluar el sistema en presencia de CO_2, se observó un incremento significativo en la corriente farádica, alcanzando j_{CO_2} = -6.78 mA/cm², acompañado de un desplazamiento hacia potenciales más positivos atribuible al cambio de pH en el electrolito.

4. CONCLUSIONES

La síntesis hidrotermal permitió obtener In_2O_3 con una morfología cúbica. El material presentó un desempeño electrocatalítico favorable hacia la reacción de reducción de CO_2, evidenciando un aumento significativo en la corriente farádica (alcanzando -6.78 mA/cm²) en comparación con las mediciones en ausencia del gas. Estos resultados demuestran la viabilidad y el potencial del óxido de indio sintetizado como una alternativa eficiente para aplicaciones de conversión electroquímica de dióxido de carbono.

5. REFERENCIAS

[2] X. Zou, J. Gu, *Chinese Journal of Catalysis*, 52, 1, (2023).

[3] R. Sang, et al., *Nature Catalysis*, 6, 531, (2023).

Estudio electroquímico de arcillas tipo Hectorita para la recuperación de especies asociadas al Litio

Presentación de Poster

M. G. Arrollo Chavez[1], J. A. Cobos Murcia[1], C. Cortés López[2]
[1]Universidad Tecnológica Minera de Zimapán.
[2] Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
[3]Consejo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Hidalgo.
E-mail: gchavez2608@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El litio se ha consolidado como un recurso estratégico debido a su importancia en el desarrollo de baterías recargables y sistemas de almacenamiento de energía. El interés por recursos no convencionales, como las arcillas de litio, ha aumentado ante la necesidad de diversificar las fuentes de suministro [1]. No obstante, su extracción representa un desafío técnico debido a la complejidad mineralógica del material y a la asociación del litio con la estructura cristalina de los filosilicatos, lo que dificulta su liberación mediante métodos convencionales [2]. En este contexto, los procesos electroquímicos constituyen una alternativa de interés, ya que permiten inducir reacciones de oxidación-reducción y modificar las condiciones locales del medio para favorecer la recuperación de especies metálicas [3]. Por ello, este trabajo evaluó el comportamiento electroquímico de una arcilla tipo hectorita mediante voltamperometría cíclica y electrólisis con membrana de intercambio protónico.

2. METODOLOGÍA

Las muestras de arcilla tipo hectorita fueron evaluadas mediante voltamperometría cíclica para analizar su respuesta electroquímica bajo diferentes condiciones de ventana de potencial, velocidad de barrido, temperatura y agitación magnética. Posteriormente, se realizaron ensayos de electrólisis con membrana, con el propósito de favorecer la recuperación de precipitados. Finalmente, los sólidos obtenidos fueron recuperados y caracterizados mediante difracción de rayos X para identificar las fases presentes.

3. RESULTADOS

Los estudios preliminares de voltamperometría cíclica permitieron seleccionar una ventana de potencial de −2.0 a 1.0 V y una velocidad de barrido de 0.5 V/s, al generar una respuesta electroquímica definida en la arcilla tipo hectorita.

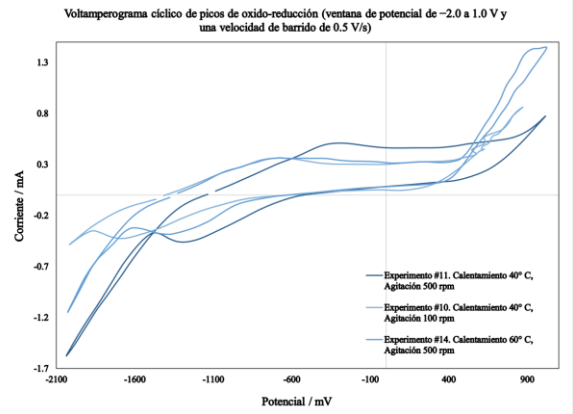


Figura 1. Voltamperograma cíclico de picos de oxido-reducción (ventana de potencial de −2.0 a 1.0 V y una velocidad de barrido de 0.5 V/s)

Durante los ensayos de electrólisis se observó la formación de sólidos precipitados, principalmente en el compartimento catódico. Los precipitados presentaron una coloración blanca, textura fina y una morfología ligera con apariencia fibrosa o reticular.
Finalmente, el DRX de los precipitados obtenidos identificó fases de aluminosilicatos, carbonatos, fosfatos y otras sales, además de una posible fase Li-Al hidratado, considerada como indicio de especies asociadas al litio.

Síntesis de nanopartículas Se@CdSe y su aplicación en la detección de moléculas orgánicas

Presentación **Poster**

N. Escobar Monsalvo[1], S. Corona Avendaño[1],

[1]. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C.P. 02200 México, D.F., México, D.F.

E-mail: al2222800484@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN.

Las nanopartículas tipo core-shell , han sido del interés en el ámbito científico para la elaboración de nuevos materiales, ya que su estructura permite que sus componentes lleguen a mejorar sus propiedades individuales o incluso obtener nuevas propiedades en su conjunto [1]. El uso de la electroquímica para la obtención de estos materiales tiene la ventaja de poder manipular el tamaño de sus componentes mediante variables fácilmente manipulables. La síntesis de nanopartículas Se@CdSe resulta interesante debido a las propiedades de sus componentes por separado, los cuales han sido utilizados en diversas ramas de investigación como la electrónica, la medicina y la ambiental [2]. El presente trabajo muestra la aplicación de las nanopartículas Se@CdSe, obtenidas a partir de medios electroquímicos, como sensor electroquímico para la detección de moléculas orgánicas.

2. METODOLOGÍA

La síntesis de las nanopartículas Se@CdSe se realizó mediante deposición electroquímica de Se, utilizando una celda electroquímica de tres electrodos, siendo el sustrato un electrodo de carbono vítreo y el electrolito el solvente eutéctico profundo ethaline. El shell de la estructura se obtuvo a partir de reacciónes de oxido-reducción en una segunda celda electroquímica que contenía Cd, en donde se realizaron variaciones de tiempo de reacción para obtener distintas morfologías de en las nanopartículas sintetizadas. Las técnicas utilizadas para la cuantificación fueron voltamperometría cíclica, VC, y voltamperometría diferencial de pulso, VDP.

3. RESULTADOS

La morfología de las nanopartículas Se@CdSe se vio modificada a partir del tiempo de reacción entre el Se y Cd en la segunda celda electroquímica, como se muestra en la Figura 1. Las diferentes morfologías obtenidas llevaron a distintos resultados en los límites de detección y de cuantificación de las moléculas orgánicas.

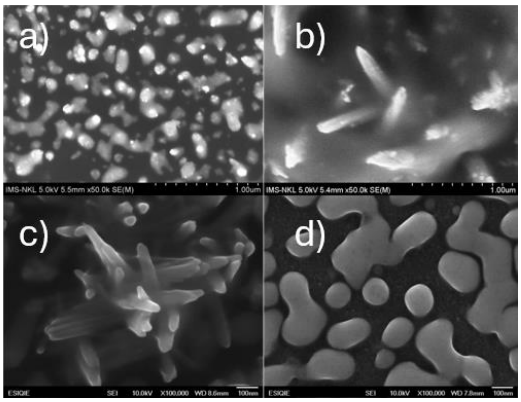


Figura 1. Obtención de nanopartículas Se@CdSe, a partir de síntesis electroquímica, con distintos tiempos de reacción en la obtención del shell. a) 90 se, b)150 s, c) 180 sy d) 240 s.

4. CONCLUSIONES

Mediante el uso de métodos electroquímicos, fue posible obtener las nanopartículas Se@CdSe con distintas morfologías, las cuales fueron probadas como sensores electroquímicos para la detección de moléculas orgánicas.

5. REFERENCIAS

[1] H. Zhuang, X. Liu, F. Li, W. Xu, L. Lin y Z. Cai, *Internal Journal of Energy Research*, **volumen 43**, 7197, (2019).

[2] H. Bayramoglu, & A. Peksoz, *Mater S Semiconductor Process,* **volumen 90**, 13–19 (2019).

Si/CYU/GDY por APPJ/Electroless/acoplamiento Electro Glaser-Hay para HER/OER fotoelectroquímicas

Presentación **Poster**
E. Coazozón Echevarría[1], J. J. Pérez Bueno[1]
[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C.
E-mail: elizabethcoazozon@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El graphdiyne (GDY) contiene átomos de carbono hibridados sp y sp^2, presentando una red 2D formada por la inserción de enlaces diacetilénicos entre unidades aromáticas tipo benceno [1]. Esta estructura le permite tener elevada flexibilidad mecánica, una porosidad intrínseca, una banda prohibida en el intervalo de 0.46 a 1.22 eV [2], una amplia ventana de potencial electroquímico, altas capacitancias de doble capa y una transferencia electrónica eficiente [3].

En el área de la electrocatálisis y fotoelectrocatálisis, su estructura facilita el transporte de electrones, la separación de cargas y la difusión de reactivos. Su integración con semiconductores, como el silicio (Si), favorecen el rendimiento fotoelectroquímico del sistema [1] al aprovechar su capacidad generar pares electrón-hueco bajo irradiación.

Asimismo, el GDY puede crecer a través de síntesis química mediada por cobre; vía húmeda y electro asistida. Por ello, el uso de nanopartículas de cobre sobre Si/SiO_2 se plantea como una estrategia para favorecer la nucleación y crecimiento controlado del GDY [4].

El grado de oxigenación superficial del GDY puede desempeñar un papel determinante en su actividad fotoelectroquímica. Una incorporación controlada de grupos oxigenados puede mejorar la mojabilidad, favorecer la adsorción de intermediarios y facilitar la transferencia de carga en la interfase electrodo–electrolito, promoviendo las reacciones HER y OER. Por ello, correlacionar el porcentaje de oxígeno superficial con los parámetros electroquímicos permitirá identificar el desempeño fotoelectroquímico del GDY.

2. METODOLOGÍA

Se depositó sobre un sustrato AISI 304 (i) una película de Si/SiO2 mediante plasma a presión atmosférica tipo jet asistido por nebulización de partículas de Si durante 47 min. (ii) Sobre la película de Si/SiO2 crecieron nanopartículas de Cu vía Electroless siguiendo el depósito metálico pre-MACE; $CuSO_4$ junto con HF con un tiempo de inmersión de 15 s. (iii) Se obtuvo GDY mediante un acoplamiento Glaser–Hay líquida y su variante electro asistida sobre las nanopartículas de Cu empleando una solución de HEB, piridina anhidra, TMEDA durante 72 h.

3. RESULTADOS

El depósito de Si/SiO_2 por APPJ modificó favorablemente la superficie del AISI 304, disminuyendo el ángulo de contacto y aumentando la energía superficial. La caracterización física evidenció la formación del recubrimiento con heterogeneidad y adherencia limitada sobre acero.

Electroquímicamente, el sistema AISI 304/Si–SiO_2 mostró estabilidad en Na_2SO_4 0.05 M y una respuesta distinta al acero sin modificar, asociada a procesos de pasivación y formación de óxidos superficiales. Además, la prueba preliminar de Cu_{NPs} indicó la viabilidad de usar Si/SiO_2 como plataforma para etapas posteriores.

4. CONCLUSIONES

El Si/SiO_2 mejora la mojabilidad y modifica la respuesta electroquímica del sustrato, pero aún deben optimizarse la homogeneidad y adherencia del recubrimiento. La siguiente etapa debe enfocarse en confirmar composición, morfología y estabilidad mediante SEM-EDS, XPS, Raman y pruebas electroquímicas complementarias, así como continuar con el depósito de las películas de nanopartículas de cobre y GDY.

5. REFERENCIAS

[1] X. Gao et al., *Advanced Materials*, **29**, 1605308, 2017
[2] H. Ali et al., *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **215**, 115570, 2025
[3] X. Chen et al., *Nano-Micro Small*, **18**, 2201135, 2022
[4] Y. Kong et al., *Chem*, **6**, 1933, 2020

Preparación de nanohíbridos 2D/2D 1T -WS_2/g-C_3N_4 con nanopartículas de Níquel como electrocatalizadores para celdas de combustible tipo PEM

Presentación **Poster**

D. A. Valdez Pineda[1], G. Alonso-Núñez[2], M. T. Oropeza-Guzmán[1], L. A. Estudillo-Wong[3], F. Paraguay-Delgado[4], A. García García[5] Y. Gochi-Ponce[1]

[1]Tecnológico Nacional de México/IT de Tijuana, Posgrado en Ciencias de la Ingeniería. Blvd. Alberto Limón Padilla s/n, Mesa de Otay, CP 22500 Tijuana, B.C., México.

[2]Centro de Nanociencias y Nanotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Km 107 Carretera Tijuana-Ensenada, CP 22800 Ensenada, B.C., México

[3]Laboratorio de Electroquímica Ambiental y de Materiales, Instituto Politécnico Nacional, Calle 30 de junio de 1520 s/n, Barrio la Laguna Ticomán Alcaldía GAM, C.P. 07340, México.

[4]Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., Av. Miguel de Cervantes Saavedra 120, Complejo Industrial Chihuahua, CP 31136, Chihuahua, Chih., México.

[5]Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., Av. Alianza Norte No. 202, Parque de Investigación e Innovación Tecnológica, Apodaca, Nuevo León, CP 66628, México

m25210031@tectijuana.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la demanda energética y los problemas ambientales asociados al uso de combustible fósiles han impulsado el desarrollo de tecnologías limpias como las celdas tipo PEM. El platino es uno de los electrocatalizadores más usados debido a su buena actividad para la reacción de reducción de oxígeno en estos dispositivos electroquímicos; sin embargo, su elevado costo y la poca abundancia limitan su uso. Debido a esto, surge la necesidad de materiales alternativos. En este trabajo se sintetizaron nanohíbridos 2D/2D de 1T-WS_2/ g-C_3N_4 decorados con nanopartículas de Ni, con el fin de obtener un electrocatalizador con alta actividad y selectividad electrocatalítica para la ruta de $4e^-$ [1,2].

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron nanohíbridos 2D/2D de 1T-WS_2/g-C_3N_4 con proporciones en peso de 100/0, 90/10 y 70/30 de WS_2 /g-C_3N_4, respectivamente, mediante el método de calcinación. La composición de 90/10 mostro mejor desempeño electroquímico el cual se decoró con nanopartículas de Ni. Los materiales se caracterizaron mediante TGA, XRD y Raman. La actividad electroquímica para la ORR se evaluó mediante CV, LSV y RDE.

3. RESULTADOS

Se confirmaron los porcentajes en peso de los compuestos y se observó su morfología laminar característica. La oxidación de WS_2 para Ni-90WS_2/10g-C_3N_4, 90WS_2/10g-C_3N_4, WS_2 y g-C_3N_4 fueron de 25, 2.7, 3, 2.1 y 0% respectivamente. Así mismo la composición de g-C_3N_4 fue de 11, 11, 21, 0 y 91%. Como se observa en la **Figura 1**.

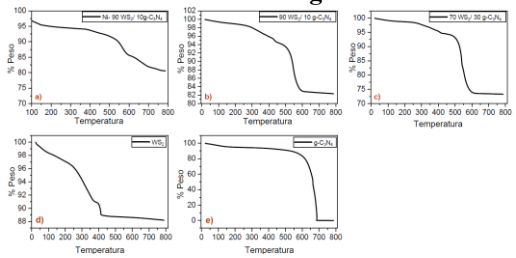


Figura 1. Análisis termogravimétricos de a) Ni-90WS_2/ 10g-C_3N_4, b) 90WS_2/ 10g-C_3N_4, c) 70WS_2/ 30 g-C_3N_4, d) WS_2, y e) g-C_3N_4.

4. CONCLUSIONES

Los análisis por TGA muestran la presencia de WS_2 y g-C_3N_4 en los nanohíbridos. La interacción entre ambos compuestos puede inducir la formación de sitios activos interfaciales capaces de adsorber moléculas de O_2 y facilitar su reducción preferencial mediante la vía de $4e^-$, incrementando la actividad electrocatalítica hacia la ORR.

5. REFERENCIAS

[1] M. Hoel, S. Kverndokk, *Res. Energy Econ.*, **18**, 115–136 (1996).

[2] M. V. L. Gnanaguru, M. Naushad, T. Tatarchuk, N M. Ghangrekar, S. Chowdhury, *Environ. Sci. Pollu Res.* Int., **30**, 78537 (2023).

Evaluación de puntos de carbono N, S-codopados como inhibidores de corrosión para acero al carbono en solución de ácido sulfúrico

Presentación **Poster**

C. G. García Ramirez[1], A. K. Gálvez Larios, J. G. González Rodriguez[1], J.J. Martinez Gonzalez[2*]

[1]Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, CIICAP, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, 62209, Cuernavaca, Morelos.

[2]Dpto. de Química Analítica, Facultad de CC. Químicas, Universidad Complutense de Madrid.

E-mail: citlali.garciar@uaem.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El acero al carbono es uno de los materiales más utilizados en la industria, pero su resistencia presenta una baja resistencia a la corrosión en medios ácidos, como las soluciones de ácido sulfúrico. Aunque existen numerosos inhibidores de corrosión, muchos de ellos presentan alta toxicidad, elevado costo o problemas de impacto ambiental, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas más sostenibles [1].

Entre estas alternativas destacan los puntos de carbono (CDs) debido a su baja toxicidad y facilidad para interactuar sobre las superficies metálicas, formando películas protectoras [2]. En este trabajo se evalúa la eficacia de puntos de carbono codopados con nitrógeno y azufre (N, S-CDs) sintetizados mediante u método sostenible, como inhibidores de la corrosión del acero al carbono expuesto a una solución H_2SO_4 0.5M.

2. METODOLOGÍA

Los N, S-CDs se sintetizaron mediante un método hidrotermal, utilizando ácido cítrico y tiourea como precursor. Su capacidad inhibidora en acero al carbono sumergido en H_2SO_4 0.5 M se evaluó mediante pruebas electroquímicas, incluyendo curvas de polarización potenciodinámica (PDP), espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) y ensayos gravimétricos de pérdida de peso tras 72 h de inmersión a diferentes temperaturas.

3. RESULTADOS

Los resultados demostraron que los N,S-CDs (figura 1) lograron una tasa de inhibición del 98%, superando el 88% obtenido con los puntos dopados únicamente con nitrógeno. Las pruebas EIS revelaron un incremento en la resistencia a la trasferencia de carga, pasando de 50 a 4964 ohm cm^2, mientras que la densidad de corriente de corrosión disminuyo significativamente a ~10^{-3} mA/cm^2. Las curvas de polarización confirmaron que los puntos de carbono actúan como inhibidor de tipo mixto con un efecto catódico. La absorción en la superficie del metal sigue una isoterma de Lagmuir indicando un mecanismo de adsorción de tipo físico.

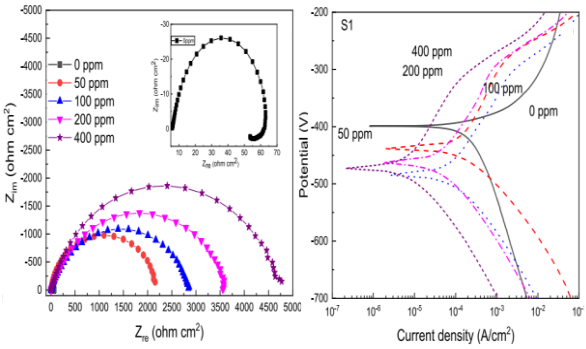


Figura 1. Curvas de polarización y diagrama de Nyquist del acero al carbono in presencia de S-CDs a diferente concentración.

4. CONCLUSIONES

El codopaje con nitrógeno y azufre mejora notablemente la capacidad de donación de electrones y la afinidad con la superficie del metal, resultando en la formación de una capa protectora densa. La eficiencia de 98% ya la reducción significativa en la densidad de corriente de corrosión demuestra que los N,S-CDs contribuyen de forma directa a mejorar la durabilidad del acero al carbono en un ambiente acido.

5. REFERENCIAS

[1] M. Shahid, *Adv. Nat. Sci.: Nanosci. Nanotechnol.*, 2, 043001, (2011).

[2] S. Kumari, N. Sandhu, V. Saraswat, T. K. Sarkar, *Langmuir*, 41, 12150, (2025)

Efecto del anión precursor sobre el mecanismo de nucleación y crecimiento electroquímico de cobre

Presentación **Poster**

B. Maldonado Teodocio[1*], M. G. Montes de Oca Yemha[1], M. Palomar Pardavé[1], M. Romero Romo[1], C. Ramirez[2].

[1] Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 420, Col. Nueva El Rosario, Alcaldía Azcapotzalco, C.P. 02128, CDMX.

[2] Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE, Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, Av. Luis Enrique Erro s/n, Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07738, CDMX.

E-mail: beatriz.mal.teo@gmail.com.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los disolventes eutécticos profundos (DES) han sido descritos como sistemas "a medida", en los que la selección de sus componentes (anión y catión) permiten modular sus propiedades fisicoquímicas [1], en particular la coordinación de especies metálicas en solución [2]. En estos sistemas, los aniones con mayor capacidad de coordinación pueden estabilizar complejos metálicos más fuertes, lo que influye en el comportamiento redox del metal disuelto.

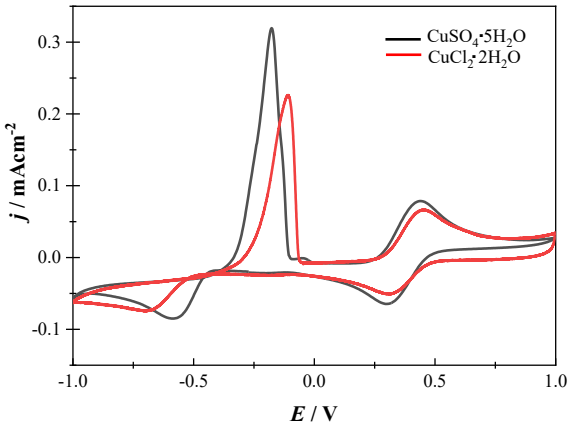
En el caso del Cu(II), se ha demostrado que la respuesta electroquímica está gobernada principalmente por la especie complejada predominante en solución, más que por el anión de la sal precursora [3]. Por ello, este último suele considerarse de menor relevancia en el comportamiento redox en equilibrio. Pero deja un espacio vacío en estudios que relacionen como la identidad del anión en la sal precursora puede influir en procesos fuera de equilibrio, como la nucleación y el crecimiento electroquímico.

2. METODOLOGÍA

Las sales precursora de Cu(II) se disolvieron en la mezcla eutéctica (Reline) a base de cloruro de colina y urea. Se utilizó una celda electroquímica con 3 electrodos: carbono vítreo, GCE, contraelectrodo un alambre de Pt, y un alambre de plata como pseudo-electrodo de referencia.

3. RESULTADOS

La **Figura 1** muestra una comparativa entre los voltamperogramas de la electroreducción de Cu(II) a Cu(0), a una velocidad de barrido 30 mVs^{-1} y temperatura de 70 °C.



4. CONCLUSIONES

Aunque en los DES se ha reportado que el anión del medio domina la especiación y el comportamiento redox del Cu(II), los resultados obtenidos muestran que el anión de la sal precursora también modifica el proceso de electrodeposición, evidenciado por cambios en la respuesta voltamperométrica, la cinética de nucleación y los parámetros termodinámicos de nucleación.

5. REFERENCIAS

[1] A. P. Abbott, G. Frisch, J. Hartley and K. S. Ryder, *Green Chemistry*, **13**, 471, (2011).

[2] J. M. Hartley, C. M. Ip, G. C. Forrest, K. Singh, S. J. Gurman, K. S. Ryder and G. Frisch, *Inorganic chemistry*, **53**, 6280, (2014).

[3] E. Daskalopoulou, J. M. Hartley, R. M. Rivera, G. Zante and A. P. Abbott, *Physical Chemistry Chemical Physics*, **25**, 4854, (2023).

Estudio electroquímico para la electrodeposición de boro a partir de un disolvente eutéctico profundo

Presentación **Póster**

N. B. Sánchez-Piñon[1], I. Mejía-Caballero[1,*], D. Hernández-Pérez[1], J. Aldana-González[1], I. Campos-Silva[2], S. Corona-Avendaño[1], G. Vázquez-Huerta[1], M. Palomar-Pardavé[1],
[1]Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 420 Col. Nueva el Rosario, CP 02128, Ciudad de México.
[2]Instituto Politécnico Nacional, Grupo Ingeniería de Superficies, SEPI-ESIME, U.P. Adolfo López Mateos, Zacatenco, 07738, México, México
* E-mail: ivmc@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente los materiales modificados superficialmente a través de procesos de difusión o deposición de B son realizados a través de métodos con un alto consumo energético, como los procesos de borurización convencional o a procesos a través de electrólisis, resultando altamente costosos. Aunado a ello, utilizan una serie de mezclas borurantes como B_4C+SiC+KBF_4 o $Na_2B_4O_7$ bajo atmósferas de nitrógeno a temperaturas que van desde 850°C a 1100°C [1]. En este trabajo se muestra por primera vez que es posible electrodepositar B sobre el electrodo de carbono vítreo (GCE) a partir del precursor KBF_4 disuelto en el disolvente eutéctico profundo (DES) llamado reline, haciendo este proceso menos costoso y más amigable con el medio ambiente ya que requiere de una menor energía y no consume agua.

2. METODOLOGÍA

Se empleó el DES reline obtenido a partir de ChCl y urea en una relación molar 1:2, denominado reline. El electrolito se preparó añadiendo KBF_4 a una concentración de 50 mM al DES, manteniendo agitación continua a 70°C durante 24 h. El estudio electroquímico se realizó mediante voltamperometría cíclica y cronoamperometría a 70°C empleando una celda electroquímica convencional de tres electrodos donde el electrodo de trabajo fue GCE, el de referencia un pseudoelectrodo de Ag y como contraelectrodo grafito.

3. RESULTADOS

La Figura 1a muestra un voltamperograma cíclico (VC) típico obtenido en este sistema donde observa la presencia de un pico de reducción, aproximadamente a -1.45 V, pero ninguno de oxidación en el intervalo de potencial considerado. La Figura 1b muestra un transitorio potenciostático de corriente (TPC) obtenido en la zona del pico catódico anterior que muestra las características típicas de un proceso de formación electroquímica de nuevas fases. El análisis de estas curvas permitió obtener parámetros cinéticos como número de sitios activos, frecuencia de nucleación y coeficiente de difusión de BF_4^- en reline.

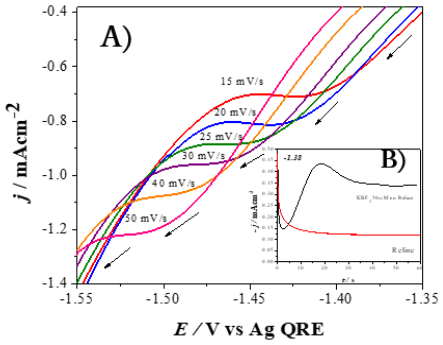


Figura 1 A) VC obtenidos en el sistema: GCE / KBF_4 50 mM en reline a una velocidad de barrido de potencial de 15 mVs^{-1}, iniciando el potencial a -1.55 V en dirección catódica a 70°C. B) TPC obtenido en el mismo sistema a un potencial de -1.38 V.

4. CONCLUSIONES

Mediante técnicas electroquímicas se logró observar un pico de reducción asociado al B a partir de KBF_4 empleando un DES a bajas temperaturas. En esta investigación se realizó por primera vez la electrodeposición del B a partir de un disolvente eutéctico profundo.

5. REFERENCIAS

[1] O. Tkacheva, A. Kataev, A. Redkin, *J. Electrochem. Soc.* 143 (1996) 3178.

Decoración con nanopartículas de plata (AgNPs) obtenidas síntesis verde en materiales a base de carbono

Presentación: **Poster**

L. García Hernández[1*2], P.A Ramírez Ortega[1], T.C. Díaz Reyes[1], E. Ortega Martínez[1], M.U Flores Guerrero[1]

[1]Universidad Tecnológica de Tulancingo, Camino a Ahuehuetitla No.301 Colonia Las Presas, Tulancingo, Hidalgo, 43645, México.
[2]UAEH, Esc. Preparatoria no. 4, Avenida Guadalupe s/n, Colonia Guadalupe Pachuca, Hidalgo, 42079, México.
E-mail: laura.garcia@utectulancingo.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El grafito presenta una excelente resistencia al calor, estabilidad química y conductividad eléctrica, estas propiedades lo vuelven atractivo para aplicaciones que involucran electrodos electrocatalíticos [1]. Las nanopartículas de metales nobles y algunos metales no nobles pueden depositarse sobre grafito sin necesidad de agentes reductores donde el mismo grafito funciona como reductor [2]. Los electrodos de pasta de carbono (CPE) son herramientas electroquímicas que pueden ser modificados, para obtenerlos se mezclan con nanomateriales, para mejorar la sensibilidad del sensor [3] cuyas propiedades se evaluaran en el presente proyecto.

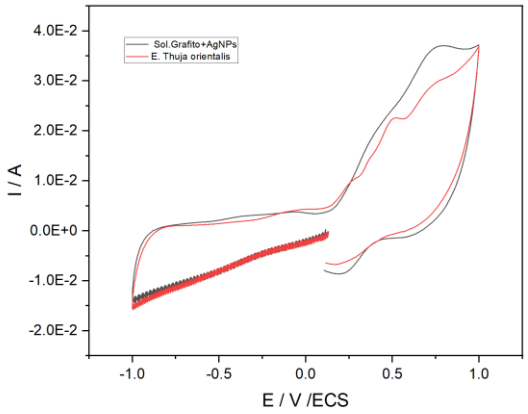
2. METODOLOGÍA

Se preparó el extracto de *Thuja orientalis* para la síntesis de nanopartículas de plata, estas se caracterizaron por espectroscopia de UV; La decoración de los nanotubos de carbono (CNT) se llevó a cabo mezclando Extracto + CNT + Ag^{+}. Los nanotubos se recuperaron y se depositaron sobre grafito para ser evaluados por voltamperometría cíclica.

3. RESULTADOS

La figura 1, muestra los Voltamperogramas correspondientes a las soluciones de filtrado después de la desposición de las AgNPs sobre el grafito (A), mientras que en B el extracto de *Thuja orientalis* el cual se utilizó como agente bioreductor. Se puede apreciar que en B no presenta un pico de reducción de alguna especie iónica en la solución solo se presenta una caída de corriente en la ventana de estudio el cual es atribuido a la reducción del medio. Por otra parte, en A se observa un comportamiento similar al obtenido en B lo cual es atribuido a que durante el proceso el precursor se agota completamente.

Figura. 1. Voltamperograma (A) soluciones de filtrado después de la deposición de AgNPs sobre grafito vs del extracto de Thuja (B)



4. CONCLUSIONES

A través de los estudios de electroquímicos se evidenció que la solución de estudio no presentaba la especie iónica de plata, lo cual revela que se logró la síntesis e incorporación in situ de AgNPs sobre el grafito.

5. REFERENCIAS

[1] C.E. Banks, T.J. Davies, GG. Wildgoose, & RG. Compton, *Chemical Communications*, *7*, 829. (2004).
[2] RK Pandey, L.Chen, S.Teraji, H.Nakanishi & S. Soh, *ACS Applied Materials & Interfaces,* 11, 36525 (2019).
[3] S. Tajik, H. Beitollahi, FG. Nejad, et all. *RSC Advances*, 10, 21561(2020).

Determinación electroquímica de Fe, Cu y Mn mediante un electrodo de pasta de carbono modificado para el monitoreo analítico de un baño electrolítico.

Presentación **Poster**

M. Cortes-Madrigal[1], L. E. Rebolledo-Perales[2*], J. A. Cobos-Murcia[2*], G. A. Álvarez-Romero[3], J. E. Terrazas-Rodríguez[4], V. E. Reyes-Cruz[2], D. Hernandez-Ramírez[2]

[1]Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz. Área Académica de Química. Avenida Universidad No.1, Nanchital, Veracruz, México. C.P. 96360

[2]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales. Pachuca-Tulancingo Km 4.5. C.P 42184. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

[3]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Área Académica de Química. Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5. C.P 42184. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México

[4]Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Km 7.5, Col. Santa Isabel C.P. 96538, Coatzacoalcos, Veracruz, México.

E-mail: luz_2856@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Debido a que los metales como Cu(II), Fe(III) y Mn(II) son esenciales para la industria metalúrgica; el propósito de esta investigación es desarrollar una metodología electroquímica mediante el uso de electrodos modificados con bismuto que permita su cuantificación exacta, precisa, económica y simultánea en un baño electrolítico [1].

2. METODOLOGÍA

La composición de la mezcla composite del electrodo de pasta de carbono modificado con Bi (EPC-Bi), el pH del electrolito, etc.; fueron optimizados para maximizar la intensidad de corriente anódica (Iap) asociada a los metales. El método desarrollado consistió en colocar el electrodo modificado en una celda electrolítica con 10 mL de buffer de acetatos pH 4.0 donde se llevó a cabo la reducción de los metales durante 30 s a -0.7 V, después 30 s, se realizó un barrido de potencial de -0.5 V a 1.5 V mediante voltamperometría diferencial de pulso con redisolución anódica (DPASV).

3. RESULTADOS

El EPC (electrodo de pasta de carbono) sin modificar presentó una intensidad de corriente inferior comparada con los EPC-Bi, por lo tanto, se comprueban sus beneficios para la determinación de Fe(III), Cu(II) y Mn(II). De acuerdo con la Figura 1, la evaluación del efecto de la proporción de los componentes en el EPC-Bi para determinar la mezcla que maximice la Iap de cada metal demostró una mayor intensidad de la señal anódica asociada a Cu(II), Fe(III) y Mn(II) alrededor de 0.0 V, 0.2 V y 0.5 V, respectivamente, empleando EPC-Bi al 9% de polvo de bismuto. Finalmente, los parámetros analíticos obtenidos demostraron la exactitud, sensibilidad y precisión de esta metodología.

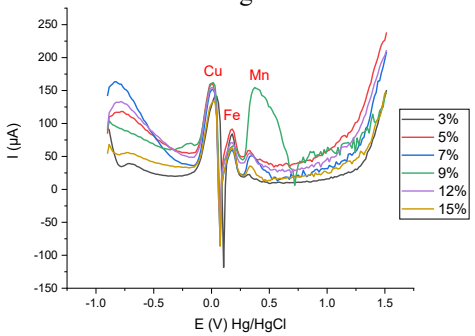


Figura 1. Evaluación del porcentaje de Bi.

4. CONCLUSIONES

Se desarrolló exitosamente un método para la determinación simultánea de Fe(III), Cu(II) y Mn(II), mediante DPASV empleando un electrodo de pasta de carbono modificado con bismuto constituyendo una alternativa simple y de bajo costo.

5. REFERENCIAS

[1] C. A. Otálora Bastidas, E. R. Romero Malagon, *Revista elementos*, **3**, 175, (2013).

DFT como herramienta para interpretar la reversibilidad electroquímica y los mecanismos redox: la dopamina como sistema modelo

Presentación **Poster**

F. S. Alcantar López[1], R. R. Quiñonez López[2], N. Casillas[1], F. Martínez Martínez[1], A. G. González Gutiérrez[1*]

[1] Departamento de Química, CUCEI

Universidad de Guadalajara. Blvd. Marcelino García Barragán #1451, C.P. 44430

E-mail: francisco.alcantar2300@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

La dopamina (DA) es una catecolamina muy usada como molécula modelo para estudiar procesos redox del grupo catecol. Su oxidación electroquímica en oro a pH neutro sigue un mecanismo EECEE, donde la semiquinona se oxida más fácilmente que la DA y la quinona resultante cicla irreversiblemente hacia el aminocromo [1]. Esto es relevante para la funcionalización de nanopartículas de magnetita con DA, ya que después de anclarse, el catecol reduce Fe^{3+} a Fe^{2+} al oxidarse en quinona, lo que desestabiliza el recubrimiento [2]. Anticipar computacionalmente el origen de la irreversibilidad permitiría predecir el comportamiento de sistemas análogos.

Este trabajo emplea DFT sobre DA y sus especies oxidadas para evaluar parámetros termodinámicos y su relación con la reversibilidad electroquímica, estableciendo criterios predictivos para dicha funcionalización.

2. METODOLOGÍA

Se optimizaron las geometrías de la DA neutra y su forma dianionica en ORCA 6.1.1, nivel mPW2PLYP/aug-cc-pVTZ(/C), con TightSCF y frecuencias NUMFREQ a 298.15 K en fase gas y con agua implícita (CPCM/SMD, DRACO), para evaluar su efecto sobre ΔG y los orbitales HOMO-LUMO. Los potenciales formales (E°) se estimaron mediante un ciclo termodinámico. La irreversibilidad cinética se evaluó por la distorsión geométrica entre estados de oxidación y la irreversibilidad química por la favorabilidad energética de la ciclación. Estos parámetros se validaron con las simulaciones de las respuestas voltamperometricas en DigiElch.

3. RESULTADOS

Los cálculos en fase gas muestran un HOMO positivo (+4.48 eV). Con agua implícita (CPCM/SMD), el HOMO se estabiliza hasta −4.80 eV y la energía de Gibbs disminuye ~0.35 Ha (Tabla 1), confirmando el efecto de la solvatación en especies cargadas. Los cambios en el análisis geométrico de la transferencia electrónica inicial, descarta una barrera alta de reorganización (reversibilidad cinética); la ciclación posterior espontanea, justifica la ausencia del pico de reducción (irreversibilidad química). Estos valores sustentan el potencial estimado para el par DA/quinona, congruente con los picos experimentales de DA en oro a pH 7.4 (Primera oxidación ≈ +0.1 V y −0.3 V/SCE para la segunda oxidación). [1] validando la capacidad de la DFT para anticipar la inversión de potencial y la viabilidad de la reacción homogénea acoplada.

Tabla 1. Energía de Gibbs (298.15 K) y orbitales frontera de las especies de DA.

Especie	ΔG (Ha)	HOMO (eV)	LUMO (eV)
DA (gas)	-5156.258	-6.91	1.38
Catecolato (gas)	-5143.310	4.48	8.96
Catecolato (agua)	-5146.857	-4.80	2.58

4. CONCLUSIONES

El uso de modelos de solvatación permite describir adecuadamente la estabilidad de las especies oxidadas. La alta espontaneidad de la ciclación confirma que la irreversibilidad observada en la voltamperometría cíclica tiene un origen químico. Los resultados muestran que la DFT puede emplearse para anticipar e interpretar los factores moleculares que gobiernan la reversibilidad electroquímica y los mecanismos redox en catecolaminas.

5. REFERENCIAS

[1] M. D. Shultz, J. U. Reveles, S. N. Khanna, E. I Carpenter, *J. Am. Chem. Soc.*, **129**, 2482, (2007).

[2] R. P. Bacil, L. Chen, S. H. P. Serrano, R. G. Compto *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **22**, 607, (2020).

Influencia de la temperatura sobre la reactividad de nanopartículas de magnetita funcionalizadas: estudio teórico-experimental.

Presentación **Poster**

J. I. Silva Perez[1], Z. López[2], M. Cano[2], N. Casillas[1], R. R. Quiñonez López[1], A. G. González Gutiérrez[1*]

[1]Departamento de Química, CUCEI, UDG, Blvd. Marcelino García Barragán# 1451, C.P. 44430

[2]Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara, C.P. 47810, Ocotlán, Jal., Méx.

E-mail: jenifer.silva9963@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las nanopartículas de magnetita (Fe_3O_4) son de gran interés en nanomedicina debido a sus propiedades magnéticas y la versatilidad de su superficie para ser modificada, mejorando su estabilidad y biocompatibilidad [1]. El pirogalol es un polifenol con tres grupos hidroxilo (−OH) vecinales capaz de formar enlaces de coordinación estables con la magnetita; no obstante, su oxidación puede desencadenar la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) [2]. Dado que estos sistemas se proyectan para terapias de hipertermia magnética, comprender cómo influye la temperatura en la interfase ligando-nanopartícula es crucial.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la temperatura sobre las propiedades redox del pirogalol y su anclaje en la magnetita mediante un enfoque integral por DFT y voltamperometría cíclica, validando además su capacidad de generación de ROS en rangos térmicos de interés biomédico.

2. METODOLOGÍA

El estudio teórico se realizó mediante la teoría del funcional de la densidad (DFT) en ORCA 6.1.1 para determinar la estabilidad energética del anclaje a diferentes temperaturas. Las NPM se sintetizaron por coprecipitación química y se funcionalizaron con pirogalol. El comportamiento electroquímico del polifenol se evaluó por voltamperometría cíclica en medio acuoso (KCl) a 298.15 K, 310.15 K y 320.15 K, utilizando un sistema de tres electrodos con carbón vítreo (3.0 mm) como electrodo de trabajo, alambre de Pt y SCE como electrodo de referencia. Los nanomateriales se caracterizaron por UV-Vis, XRD, FT-IR y TEM. Finalmente, la generación de ROS dependiente de la temperatura se monitoreó mediante la prueba de degradación de azul de metileno.

3. RESULTADOS

En el voltamperograma del pirogalol, se identifican dos picos asociados a un mecanismo ECEC (Fig 1). El aumento de la temperatura favorece la espontaneidad (ΔG más negativa) y la estabilidad energética del complejo de coordinación (Tab. 1)

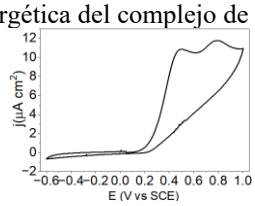


Figura 1. Voltamperograma cíclico del pirogalol a 10 mVs en KCl 0.1 M.

Tab. 1. Parámetros termodinámicos en unidades de Hartree (Eh) a diferentes temperaturas del pirogalol neutro en agua.

T (K)	298.15	310.15	320.15
ΔH (Eh)	-457.7677	-457.7671	-457.7665
ΔG (Eh)	-457.8095	-457.8112	-457.8127
ΔS (Eh)	0.0419	0.0442	0.0462

4. CONCLUSIONES

Los resultados experimentales y teóricos demostraron que el incremento de la temperatura favorece la espontaneidad termodinámica y la cinética de transferencia electrónica del sistema magnetita-pirogalol.

5. REFERENCIAS

[1] Y. A. Fahim, I. W. Hasani, W. M. Ragab, *European Journal of Medical Research*, 30, 441, (2025).

Propiedades redox y generación de ROS en nanopartículas de magnetita funcionalizadas con polifenoles: Un estudio teórico-experimental

Presentación **Poster**

C. A. Sahagún Barajas[1], Z. López[2], M. Cano[2], N. Casillas[1], A. G. González Gutiérrez[1*]
[1]Departamento de Química, CUCEI, UDG, Blvd. Marcelino García Barragán #1451, C.P. 44430, Guadalajara, Jalisco, México.
[2]Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara, C.P. 47810, Ocotlán, Jalisco, Mexico.
E-mail: cassandra.sahagun9977@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

La funcionalización de nanopartículas de magnetita (Fe_3O_4) con ligandos polifenólicos no solo modifica su estabilidad coloidal, sino que introduce sistemas redox activos capaces de modular la transferencia electrónica interfacial [1]. La reactividad de estos sistemas está gobernada por la cinética y la estabilidad de los intermediarios radicalarios formados sobre la superficie nanoestructurada [2]. Aunque se conoce la afinidad de coordinación de estos ligandos, las rutas mecanísticas de transferencia de carga y el acoplamiento de reacciones químicas postoxidación en la interfase siguen presentando interrogantes para su aplicación biomédica [1].
Este trabajo se enfoca en la reactividad de la interfase magnetita–polifenol mediante cálculos DFT y simulación electroquímica, con énfasis en su posible capacidad para generar especies reactivas de oxígeno (ROS).

2. METODOLOGÍA

El estudio teórico DFT se realizó en ORCA aplicando el funcional B3LYP y el modelo implícito CPCM. Los mecanismos electroquímicos y la cinética de reacción se validaron mediante la simulación de curvas voltamperométricas en el software DigiElch. El comportamiento electroquímico de cada polifenol con y sin funcionalizar fue evaluado por voltamperometría cíclica en medio aprótico (DMSO 0.1 M TBAP) empleando carbón vítreo como electrodo de trabajo. Finalmente, la actividad catalítica tipo Fenton para la generación de ROS se cuantificó mediante la decoloración espectrofotométrica del azul de metileno.

3. RESULTADOS

Los voltamperogramas y las simulaciones realizadas sugieren que la oxidación del pirogalol en DMSO ocurre mediante un mecanismo ECEC, donde intervienen etapas de transferencia electrónica y reacciones químicas acopladas (Figura 1).

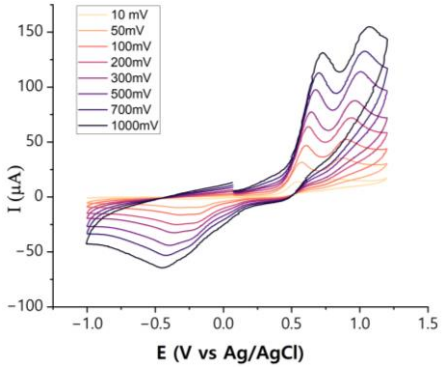


Figura 1. Voltamperogramas cíclicos de pirogalol.

4. CONCLUSIONES

Este estudio permitió esclarecer el mecanismo y la cinética en la interfase de nanopartículas de magnetita funcionalizadas con polifenoles. La adecuada concordancia entre los parámetros moleculares de DFT y el modelado cinético mediante DigiElch fundamenta el uso predictivo de estos sistemas nanoestructurados, capaces de regular la generación de ROS.

5. REFERENCIAS

[1] R. C. Popescu, E. Andronescu, B. S. Vasile, Nanomaterials, 9, 1791, (2019).

[2] R. Abdel-Hamid, E. F. Newair, Journal of Electroanalytical Chemistry, 657, 107, (2011).

Evaluación electroquímica y fotocatalítica de recubrimientos Si_{NPs}–Cu_xO_γ–g-C_3N_4 para la degradación de ibuprofeno y diclofenaco

Presentación **Poster**

A. X. Maldonado Pérez[1], J. A. Pérez Garcia[1], J. de J. Pérez Bueno[1*]

[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C. (CIDETEQ), Pedro Escobedo, Querétaro, México.

E-mail: jperez@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El ibuprofeno (IBU) y el diclofenaco (DIC) son contaminantes emergentes recurrentes en aguas residuales y superficiales, por lo que se requieren materiales fotoactivos capaces de promover su degradación y mineralización [1]. La fotocatálisis con Si, Cu_2O/CuO y g-C_3N_4 permite aprovechar la luz solar, aunque el uso de polvos dificulta la recuperación del catalizador. Por ello, se evaluaron recubrimientos inmovilizados sobre acero inoxidable, relacionando sus propiedades morfológicas, ópticas y electroquímicas con la eliminación fotocatalítica de IBU y DIC.

2. METODOLOGÍA

Se prepararon recubrimientos de Si_{NPs}, Si_{NPs} + $Cu_xO_{\gamma NPs}$ y Si_{NPs} + $Cu_xO_{\gamma NPs}$ + g-C_3N_4 (ternario) sobre acero inoxidable. Su respuesta óptica, electroquímica y fotoelectroquímica se evaluó mediante UV–Vis–NIR, Tauc, EIS y pruebas ON/OFF. La degradación de IBU y DIC se siguió por UV–Vis/TOC durante 80 min y la formación de •OH mediante cumarina.

3. RESULTADOS

Las Si_{NPs} formaron películas homogéneas, mientras que $Cu_xO_{\gamma NPs}$ y g-C_3N_4 aumentaron la rugosidad. La resistencia de polarización disminuyó de 15.7 kΩ para Si_{NPs} a 10.4 kΩ con $Cu_xO_{\gamma NPs}$ y 3.05 kΩ en el sistema ternario, evidenciando un transporte de carga más eficiente Fase.

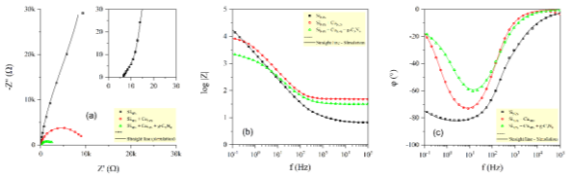


Figura 1. (EIS) Si_{NPs}, Si_{NPs} + $Cu_xO_{\gamma NPs}$, y Si_{NPs} + $Cu_xO_{\gamma NPs}$ + g-C_3N_4. (a) Diagrama de Nyquist, (b) Espectro de Bode – Módulo y (c) Espectro de Bode –

Los ensayos ON/OFF indicaron comportamiento n-tipo para Si_{NPs}, p-tipo para Si_{NPs} + $Cu_xO_{\gamma NPs}$ y predominio de la interacción Si/g-C_3N_4 en el sistema ternario [1].

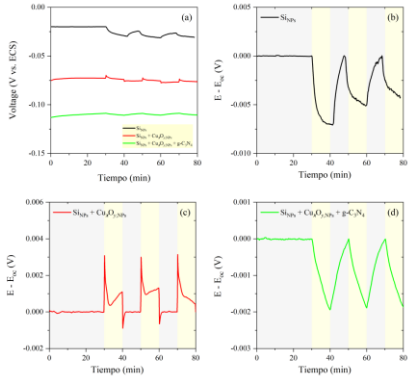


Figura 2. ciclos ON/OFF, (a) Evolución para los recubrimientos a base de Si_{NPs} (b). Si_{NPs} (c), Si_{NPs} + $Cu_xO_{\gamma NPs}$ (c) y Si_{NPs} + $Cu_xO_{\gamma NPs}$ + g-C_3N_4 (d).

4. CONCLUSIONES

Los recubrimientos inmovilizados de Si_{NPs} sobre acero inoxidable mostraron el mejor balance entre fotoactividad, estabilidad y accesibilidad de sitios activos para la remoción de IBU y DIC. Aunque la incorporación de $Cu_xO_{\gamma NPs}$ y g-C_3N_4 disminuyó la resistencia de transferencia de carga y modificó la respuesta fotoelectroquímica, estas mejoras no se tradujeron en mayor degradación. Los resultados evidencian que, en fotocatalizadores soportados, la arquitectura interfacial, la exposición de sitios activos y el contacto contaminante–superficie son tan determinantes como la separación de carga.

5. REFERENCIAS

[1] A. Abilarasu, K. Thirugnanasambandham, V. Sivakumar, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **9**, 104298, (2021).

Estudio de las propiedades estructurales, morfológicas y superficiales de ortoferritas tipo $RFeO_3$ (R = La, Nd, Er) y su evaluación electroquímica

Presentación **Poster**

O. Ceballos-Sánchez[1*], M. Y. González Vázquez[1], A. Sánchez Martínez[1], S. M. Durón Torres[2], E. R. López Mena[3]

[1]Departamento de ingeniería de proyectos, CUCEI, Universidad de Guadalajara (UDG), José Guadalupe Zuno #48, Industrial los Belenes, C.P. 45157, Zapopan, Jalisco, México

[2]Unidad Académica de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus Siglo XXI, Carretera Zacatecas, Guadalajara Km 6, Ejido La Escondida, 98160, Zacatecas, México

[3]Tecnologico de Monterrey, Escuela de ingeniería y Ciencias, Av. Gral. Ramón Corona No 2514, Colonia Nuevo México, Zapopan, Jalisco, 45121, México

E-mail: oscar.ceballos@academicos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las ortoferritas $RFeO_3$, donde R es un elemento de tierras raras, destacan por su estructura tipo perovskita y propiedades adecuadas para aplicaciones como la producción fotocatalítica de hidrógeno y electrolizadores [1, 2]. Estos compuestos han surgido como materiales bifuncionales prometedores para las reacciones de evolución y reducción de oxígeno (OER/ORR), procesos clave en electrolizadores y pilas de combustible. Este estudio presenta la síntesis de ortoferritas $RFeO_3$ basadas en elementos de tierras raras (R = La, Er, Nd) obtenidas mediante el método de combustión. Posteriormente, se estudiaron las propiedades estructurales, morfológicas y superficiales, las cuales se correlacionaron con la respuesta electroquímica para las reacciones de oxígeno.

2. METODOLOGÍA

Ortoferritas de tipo $RFeO_3$ (R = La, Er, Nd) se sintetizaron por el método de combustión. Las propiedades fisicoquímicas de las nanopartículas se caracterizaron mediante difracción (DRX), espectroscopia UV-Vis/FT-IR y microscopía SEM. La respuesta electroquímica para las reacciones de oxígeno (ORR y OER) se evaluó usando el electrodo de disco rotatorio.

3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra las curvas de voltametría cíclica de las ortoferritas $RFeO_3$ (R = La, Er, Nd) en medio alcalino, donde se observan picos asociados a la reducción de las especies sobre la superficie de las nanopartículas $RFeO_3$.

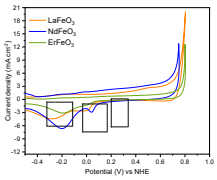


Figura 1. Voltamperogramas de las $RFeO_3$ (R = La, Er, Nd).

4. CONCLUSIONES

En este trabajo, se sintetizaron ortoferritas $RFeO_3$ (R = La, Er, Nd) por el método de combustión. Además, se analizaron las propiedades estructurales, morfológicas y superficiales. Los resultados mostraron una influencia de los parámetros estructurales, particularmente del radio iónico de catión de tierra rara, en la respuesta electroquímica para las reacciones de oxígeno.

5. REFERENCIAS

[1] S. Rana, A. Kumar, P. Dhiman, G. Sharma, and T. Wang, *Journal of Rare Earths*, **43-8**, 1571 (2025).

[2] K. A. Alrashidi, I. Manzoor, A. G. Abid, S. Mohammad, M. Bilal, N. Abbas, and J. H. Shah, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 976, 118807 (2025).

Estudio teórico-experimental de la funcionalización de nanopartículas de magnetita con un sistema polifuncional y su actividad tipo Fenton.

Presentación: **Poster**

J. S. Torres Vidaurri[1], Z. López[2], M. Cano[2], N. Casillas[1], A.G. González Gutiérrez[1*]

[1]Departamento de Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, C.P. 44430, Guadalajara, Jalisco, México.

[2]Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara, C.P. 47810, Ocotlán, Jalisco, Mexico.

E-mail: josue.torres0318@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

El uso de nanopartículas de magnetita (Fe_3O_4) ha generado gran interés en la nanomedicina debido a su alta biocompatibilidad y propiedades fisicoquímicas [1]. Sin embargo, modular y comprender su interacción con agentes funcionalizantes sigue siendo un desafío que define su viabilidad biomédica. En este sentido, la teoría del funcional de la densidad (DFT) permite proponer mecanismos de anclaje y propiedades electrónicas post-modificación, los cuales pueden ser validados mediante técnicas electroquímicas [2].

El presente trabajo plantea el estudio de nanopartículas de magnetita (NPM) funcionalizadas con un sistema que posee grupos hidroxilo y carboxilo con afinidad a la superficie. Las propiedades termodinámicas de interacción se determinaron mediante el software ORCA. Posteriormente, dicha información fue validada por voltamperometría cíclica y la simulación del mecanismo redox mediante el software DigiElch y pruebas tipo Fenton.

2. METODOLOGÍA

El estudio teórico DFT se realizó en ORCA 6.1.1 aplicando el funcional B3LYP y el modelo implícito CPCM para evaluar el efecto del disolvente (agua). Los mecanismos químicos y electroquímicos se validaron mediante la simulación de curvas voltamperométricas en el software DigiElch. Por otra parte, la síntesis de las NPM se llevó a cabo por el método de coprecipitación; posteriormente, se funcionalizaron, recuperaron y caracterizaron mediante espectroscopía infrarroja (FTIR), difracción de rayos X (XRD) y microscopía electrónica de transmisión (TEM). Finalmente, la actividad catalítica de las NPM funcionalizadas para la generación de especies reactivas de oxígeno se evaluó mediante pruebas de degradación química tipo Fenton.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran los orbitales HOMO y LUMO, cuyos máximos de densidad electrónica identifican los sitios de mayor reactividad y coordinación con la superficie de la magnetita. Asimismo, los espectros teóricos de UV-Vis y FTIR concuerdan con los cambios de absorbancia observados en las pruebas tipo Fenton.

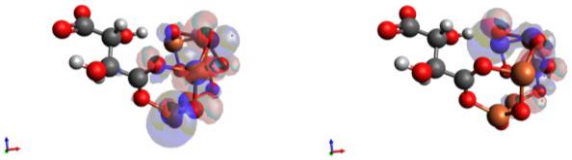


Figura 1. Representación de los orbitales HOMO y LUMO de la molécula y del sistema de magnetita funcionalizada.

4. CONCLUSIONES

El modelado teórico y la simulación electroquímica proporcionaron información termodinámica y cinética fundamental para comprender los mecanismos de anclaje sobre la superficie de la magnetita. Esta metodología permite evaluar y predecir su actividad catalítica tipo Fenton con potencial aplicación en sistemas biomédicos.

5. REFERENCIAS

[1] H. Valenzuela-Amaro, P. Vázquez Ortega, I Zazueta-Álvarez, J. López-Miranda, J. Rojas-Contrera *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria e Nanociencias y Nanotecnología*, **16**, 1, (2022).

[2] F. Hornos Adán, *Diseño y optimización de nanopartículas con aplicaciones biotecnológicas: captura de contaminantes, transporte y almacenamiento de biomoleculas*, p. 64, Universidad Miguel Hernández de Elche, Elche, España, (2020).

Análisis Electroquímico de películas delgadas de ZnSe dopadas con indio

Presentación: **Poster**

A.Sanchez Martinez[1*], M. Acosta Páez[1], O. Ceballos Sánchez[1], C.E. Pérez Garcia[2], E.R. López Mena[3], G. Sanchez Ante [3].

[1]Universidad de Guadalajara, CUCEI, Departamento de Ingeniería de Proyectos, Av. José Guadalupe Zuno # 48, Industrial Los Belenes, 45157 Zapopan, Jalisco, Mexico.

[2]Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química, Cerro de las Campanas, 76010 Querétaro, Querétaro, México.

[3]Tecnologico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Av. Gral Ramón Corona No 2514, Colonia Nuevo México, 45201 Zapopan, Jalisco, México.

E-mail: araceli.sanchez46@academicos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN.

El selenuro de zinc (ZnSe) es un semiconductor tipo n que, debido a sus excelentes propiedades ópticas tales como un amplio ancho de banda prohibida (Eg = 2.7 eV) y una alta transparencia en el espectro visible e infrarrojo, lo vuelve atractivo para diferentes aplicaciones en dispositivos optoelectrónicos [1]. Estudios enfocados a la sustitución catiónica de los iones Zn^{2+} demuestran que el dopaje de películas delgadas de ZnSe con elementos metálicos trivalentes, como el indio (In), mejora las propiedades estructurales, ópticas, eléctricas y morfológicas; esto se debe a que la sustitución parcial de iones Zn^{2+} por iones In^{3+} inducen una distorsión en la estructura cristalina del material [2]. En este trabajo se estudió el efecto del dopaje con In a diferentes concentraciones (x= 0, 3, 5, 7, y 10 % atómico) en las propiedades electroquímicas y fisicoquímicas de películas delgadas de ZnSe sintetizadas por el método húmedo y depositadas por spin-coating. Las películas de $Zn_{1-x}In_xSe$ fueron tratadas térmicamente a 320 °C en atmósfera de vacío para mejorar su calidad en términos de estructura y rendimiento eléctrico

2. METODOLOGÍA

Con la finalidad de evaluar el comportamiento eléctrico de las películas de $Zn_{1-x}In_xSe$ (x = 0,3,5,7,10 %), se realizó el análisis electroquímico por medio de espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS). Se evalúo la fotosensibilidad de las películas a partir de las curvas de cronoamperometría. La resistencia a la transferencia de carga en las películas $Zn1{-}xInxSe$ se evaluó a partir de las curvas de Nyquist.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se observan los voltagramas cíclicas de las películas de ZnSe y ZnSe dopadas con In. En ellas se puede observar que todas las curvas mantienen una simetría relativa entre los ciclos de ida y vuelta, lo que indica que los procesos de carga y descarga en estas películas son altamente reversible.

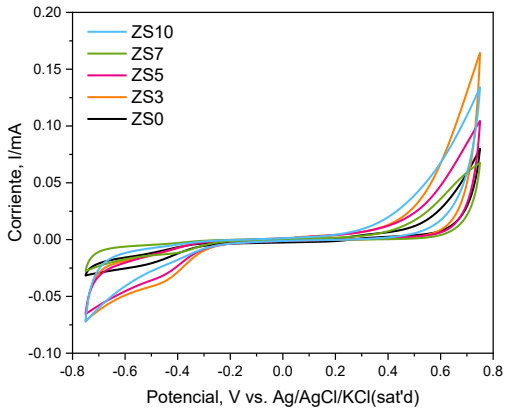


Figura 1. Voltametría cíclica de las películas de ZnSe y ZnSe dopadas con In.

4. CONCLUSIONES

Las pruebas electroquímicas confirmaron la conductividad tipo n de las películas, mientras que los análisis de espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) permitieron evaluar su fotosensibilidad en relación con el dopaje con indio (In).

5. REFERENCIAS

[1] B. C. N. Obitte, I. L. Ikhioya, G. M.Whyte, U. K. C B. A. Ezekoye, A.B.C. Ekwealor, M. Maaza , Fabian I. *Optical Materials*,124, 111979,2022.

[2] S.N. Moger, M.G. Mahesha, *Thin Solid Films* 139492, 2022.

Estudio teórico-experimental de nanopartículas de magnetita funcionalizadas con polifenoles: Efecto del número y posición de grupos hidroxilo.

Presentación **Poster**

G. A. Ramos Ortega[1], G. Rocha Ortiz[2], N. Casillas[1], A. G. González Gutiérrez[1*],
[1] Departamento de Química, CUCEI, Universidad de Guadalajara. Blvd. Marcelino García Barragán #1451, C.P. 44430
[2] Departamento de Electroquímica, CIDETEQ, Pedro de Escobedo C.P. 76703. Qro, Méx.
E-mail: guillermo.ramos8855@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los polifenoles son compuestos ampliamente estudiados por su capacidad antioxidante, la cual se relaciona estrechamente con su estructura química, particularmente con el número y posición de los grupos hidroxilo en el anillo aromático. Estas características modulan su potencial redox, los mecanismos de estabilización del radical fenóxilo y su capacidad para donar electrones o protones [1]. Por otra parte, la reactividad de las nanopartículas de magnetita (NPM) funcionalizadas depende críticamente de su química de superficie [2]. A pesar de su relevancia, la influencia de la distribución isomérica de los hidroxilos en el anclaje y la respuesta redox sobre NPM no ha sido completamente esclarecida.

El presente trabajo plantea un estudio integral mediante la teoría del funcional de la densidad (DFT), espectroelectroquímica y la determinación de parámetros cinéticos y termodinámicos a través de la simulación de los voltamperogramas. Lo anterior, para comparar el efecto de la configuración estructural en polifenoles modelo como el 1,2-bencenodiol (BZ), fluroglucinol (FL) y pirogalol (PR) en procesos de funcionalización.

2. METODOLOGÍA

El estudio por DFT de cada polifenol y NPM-funcionalizada se realizó en ORCA 6.1.1 aplicando el funcional B3LYP y el modelo implícito CPCM. Los mecanismos químicos y electroquímicos se validaron mediante la simulación de curvas voltamperométricas en el software DigiElch. Por otra parte, la síntesis de nanopartículas se realizó por el método de coprecipitación, seguida de la funcionalización con cada polifenol y su recuperación por centrifugación. El comportamiento electroquímico de los polifenoles con y sin modificar se evaluaron por voltamperometría cíclica en medio aprótico (DMSO con 0.1 M TBAP) en un potenciostato Autolab y un sistema convencional de tres electrodos con carbono vítreo como electrodo de trabajo. Finalmente, la formación de intermedios se monitoreó mediante espectroelectroquímica *in situ*.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se puede observar el comportamiento electroquímico de cada polifenol. Los resultados teóricos obtenidos por DFT revelaron que el número y la posición de los grupos hidroxilo modifican la densidad electrónica de los polifenoles, lo cual se reflejó en las energías de los orbitales frontera.

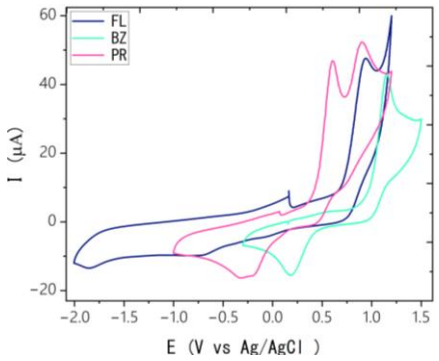


Fig. 1 Voltamperometría cíclica de los tres polifenoles en DMSO a 100 mv/s.

4. CONCLUSIONES

El enfoque integral teórico-experimental permitió demostrar que el número y la posición de los grupos hidroxilo en los polifenoles dictan tanto la afinidad de anclaje termodinámico como la reactividad redox de las nanopartículas de magnetita funcionalizadas.

5. REFERENCIAS

1. L. F. Benitez, B. Cabrera, J. C. Vaghetti, *Electrochimica Acta*, 372, 137865, (2021).
2. S. Sharifi, S. Behzadi, S. Laurent, M. L. Forrest, P. Stroeve, M. Mahmoudi, *Chemical Society Reviews*, 41, 2323, (2012).

Estudio de los mecanismos de nucleación y crecimiento de zinc en disolventes eutécticos profundos basado en colina

Presentación **Poster**
S. Zendejas Ortiz[1], P. Roncagliolo Barrera[1*]
[1]Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Ciudad de México 04510, México
E-mail: proncagliolo@quimica.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las baterías de zinc son alternativas destacadas para el almacenamiento de energía debido a su seguridad y abundancia, pero la formación de dendritas limita su viabilidad al provocar cortocircuitos internos y reducir la eficiencia faradaica [1]. Para superar esta limitación, los disolventes eutécticos profundos (DES) se posicionan como una alternativa sustentable, económica y de baja toxicidad frente a los medios acuosos convencionales [2]. Se han desarrollado diferentes modelos teóricos de nucleación para predecir el comportamiento de este mecanismo. El modelo desarrollado por Scharifker y Hills propone un método para identificar el mecanismo de nucleación 3D al suponer la existencia de los regímenes límite de la nucleación instantánea (los núcleos se activan al inicio del sobrevoltaje) y la nucleación progresiva (los núcleos se forman continuamente durante el proceso de deposición) [3].

2. METODOLOGÍA

Se trabajó con dos sistemas DES: hidróxido de colina con urea (ChOH:Ur) y cloruro de colina con urea (ChCl:Ur) en una relación molar 1:2 con la adición de $ZnCl_2$. Se realizaron ensayos de conductividad, así como voltamperometrías cíclicas, y cronoamperometrías que fueron normalizadas según las ecuaciones teóricas del modelo. Se complemento con la electrodeposición de Zn para caracterizar el sustrato mediante Microscopia Electrónica de Barrido (SEM).

3. RESULTADOS

Las pruebas fisicoquímicas indicaron que la conductividad es altamente dependiente de la disminución de la viscosidad al aumentar la temperatura, logrando que el electrolito basado en cloruro de colina a 50 °C alcanzara el mayor coeficiente de difusión para el ion Zn^{2+}, con un valor de 7.5183 x 10^{-9} $cm^2 \cdot s^{-1}$. Al adimensionalizar los cronoamperogramas y compararlos con el modelo teórico, se determinó que la formación de Zn obedece a un mecanismo de nucleación tridimensional progresiva para ambos disolventes. La evaluación por SEM (Figura 1) corroboró que el control de la temperatura y a bajos sobrepotenciales, en el sistema ChCl se mitiga eficazmente la morfología dendrítica.

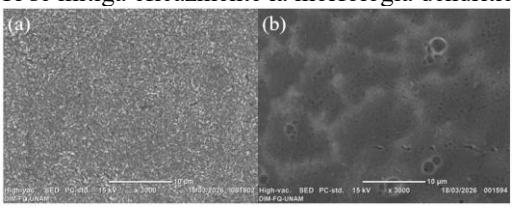


Figura 1. Depósitos de Zn a 50 °C en a) ChOH y b) ChCl.

4. CONCLUSIONES

La electrocristalización del zinc sigue un mecanismo de nucleación progresiva con crecimiento tridimensional controlado por difusión para ambos sistemas.

En SEM, se confirmó las propiedades difusionales del sistema ChCl modifican favorablemente la morfología del depósito, inhibiendo el crecimiento dendrítico y demostrando ser un electrolito viable.

5. REFERENCIAS

[1] C. Breitkopf & K. Swider-Lyons, *Springer handbook of electrochemical energy,* p. 450 Springer, (2017).
[2] L. Millia, et al., *Solid State Ionics*, **323**, 44, (2018).
[3] B. Scharifker & G. Hills, *Electrochimica Acta*, **2** 879, (1983).

Evaluación de la producción de gas HHO empleando electrodos DSA modificados con mezclas de cobre, cobalto y níquel mediante diseño de experimentos

Presentación **Poster**

M. Cortés-Madrigal,[1] D. Hernandez-Ramírez,[2] V.E. Reyes-Cruz,[1] G.A. Álvarez-Romero,[1] J.A. Cobos-Murcia,[1] L.E. Rebolledo-Perales[2] y J.E. Terrazas-Rodríguez[2]

[1]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo – Área Ciencias de la Tierra y Materiales, Pachuca, Hidalgo, Mex.

[2]Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz, Área académica de Química, Nanchital, Veracruz. Mex.

[3]Universidad Veracruzana Campus Coatzacoalcos, Área Química, Coatzacoalcos, Veracruz. Mex.

E-mail: reyescruz16@yahoo.com; daniel.hernandez@utsv.edu.mx;

1. INTRODUCCIÓN

El oxihidrógeno o gas HHO es un combustible que se obtiene a partir de la electrolisis del agua produciendo un gas altamente reactivo y su combustión produce 142.35 kJ de calor por cada gramo de hidrógeno quemado, sin la producción de contaminantes de efecto invernadero. Para la electrolisis diversos grupos emplean celdas electroquímicas con electrodos DSA (ánodos dimensionalmente estables) modificados para incrementar la producción de gas HHO. [1] En los últimos años, se han reportado el uso del método Pechini y metales preciosos (rutenio e iridio) para la modificación de los electrodos DSA. Desafortunadamente, estos metales son costosos y poco abundantes dificultando la producción de gas HHO. [2] Es posible el uso de mezclas de metales económicos y abundantes para disminuir los costos de modificación de electrodos DSA y mediante el diseño de experimentos (DoE) maximizar la producción de gas HHO [3]. En este trabajo se evaluó el uso de mezclas de cobre, zinc y cobalto mediante el diseño de experimentos de mezclas para la producción de gas HHO.

2. METODOLOGÍA

Se empleará una disolución de NaOH (100 g/L) como solución electrolítica, 10 amperios de corriente continua, una celda bipolar, electrodos de acero inoxidable A304 modificados por el método Pechini (mezclas de sales de cobre, cobalto y zinc) y un DoE de mezclas para la evaluación de la producción de gas HHO.

3. RESULTADOS

En la tabla 1, se muestran las proporciones de cobre (factor A), cobalto (factor B) y níquel (factor C) propuestas por el DoE de mezclas para la modificación de los electrodos. Los experimentos propuestos por el diseño de experimentos presentaron porcentajes de desviación estándar relativa (% RSD) bajos indicando precisión aceptable en las 10 mediciones de producción de gas HHO. También, se observa que la presencia de níquel en las mezclas modificantes de los electrodos DSA disminuye la producción de gas HHO debido a su afinidad por el hidrógeno dificultando la producción del gas HHO. El experimento 4 fue el que presentó mayor producción de gas HHO debido al efecto sinérgico de las propiedades del cobre y cobalto que favorecen la producción del gas HHO.

Tabla 1. Producción de gas HHO mediante DoE

#	A	B	C	L/min	%RSD
1	1.00	0.00	0.00	0.2211	1.05
2	0.00	1.00	0.00	0.2352	2.00
3	0.00	0.00	1.00	0.2201	1.20
4	0.50	0.50	0.00	0.2419	1.20
5	0.50	0.00	0.50	0.2239	0.86
6	0.00	0.50	0.50	0.2158	1.16
7	0.33	0.33	0.33	0.2161	0.79
8	0.67	0.17	0.17	0.2368	1.64
9	0.17	0.67	0.17	0.2349	1.21
10	0.17	0.17	0.67	0.2149	1.26

4. CONCLUSIONES

La producción de gas HHO fue posible empleando combinaciones de cobre, cobalto y níquel en la modificación de electrodos DSA. Mediante el diseño experimental de mezclas se determinó que la combinación níquel y cobre permiten maximizar la producción del gas HHO.

5. REFERENCIAS

[1] M.S. Gad, A.S. El-Shafay, U. Ağbulut, & H. Panchal, *Int. J. Hydrog. Energy,* 49, 553-563, (2024).

[2] V.A. Belvin, & T. Venugopal, T, *Int. J. Hydrog. Energy*, *235*, 155030 (2026).

[3] M. Siriwardena, A. Nihmiya, & G. Arachchige, *Nat. Environ. Pollut. Technol*, *24*(3), (2025).

División 5

Electroquímica Ambiental (EAM)

Trabajos Orales

Estimación de la recuperación de metales pesados en el sistema lagunar de la zona Sur de Tamaulipas a partir de lirio acuático

Presentación **Oral**.

M. A. Luna Jiménez[1], E. Onofre Bustamante[1], A.C. Espíndola Flores[1] [1]Instituto Politécnico Nacional, CICATA Unidad Altamira.
E-mail: mlunaj2000@alumno.ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

La zona Sur de Tamaulipas es una región privilegiada del país que cuenta con gran diversidad de ecosistemas, además de contar con el sector de agricultura y ganadería se encuentra el sector industrial y portuario. Derivado de las múltiples actividades en estos sectores, al ambiente se liberan desde residuos poliméricos, hidrocarburos e incluso metales pesados. La contaminación de los cuerpos de agua de la región con estas sustancias liberadas al ambiente tiene diversas consecuencias, desde la muerte de fauna, la proliferación desmedida de ciertas especies vegetales e incluso pueden llevar al desarrollo de diversas enfermedades. Por lo tanto, es de vital importancia disminuir la presencia de estos contaminantes en el ambiente. Dentro de la flora que ha proliferado abundantemente en la zona se encuentra el lirio acuático (Eichhornia crassipes) que puede ofrecer un servicio fitorremediador, es decir, puede absorber contaminantes y almacenarlos en raíz, tallo u hojas para evitar que interactúen con el ambiente [1].

2. METODOLOGÍA

A través de la técnica de voltamperometría cíclica, se plantea el depósito de los contaminantes sobre electrodos de grafito para facilitar su separación y recuperación de la masa lignocelulósica de lirio acuático; los contaminantes son identificados y cuantificados mediante la técnica de ICP, adicionalmente, la masa lignocelulósica es caracterizada mediante FTIR antes y después del depósito de contaminantes para observar posibles cambios en su estructura.

3. RESULTADOS

La figura 1 muestra la curva de óxido-reducción (3 clos) de muestras de lirio acuático (raíz, tallo y hojas), s parámetros de análisis contemplaron un obrepotencial de ± 3 Volts y el cambio de pH con el rrido de potencial.

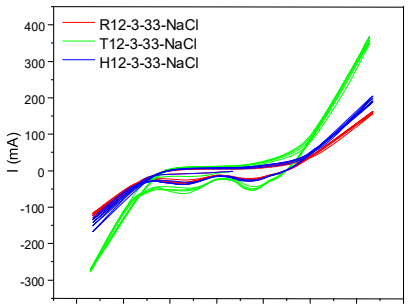


Figura 1. Figura 1. Voltamogramas de raíz, tallo y hojas de lirio acuático.

Es posible observar dos intervalos de potencial dentro de los cuales se encuentran al menos 10 posibles especies de acuerdo con el pH y el potencial en el que se depositan los metales presentes en la masa lignocelulósica.

4. CONCLUSIONES

Mediante la técnica de FTIR y los métodos analíticos se determinó la composición del lirio acuático "Eichhornia crassipes" en la zona Sur de Tamaulipas, a través de la cual puede ser valorizado como materia prima para las aplicaciones en las que dicha composición favorezca las propiedades del producto final.

Mediante ICP, se determinaron los metales pesados presentes en la matriz del lirio acuático, lo que nos brinda un panorama general del estado trófico del sistema lagunar de la zona Sur de Tamaulipas a través del cual se propondrán los cursos de acción adecuados para disminuir su impacto ambiental.

La técnica de voltamperometría cíclica permite el depósito de contaminantes por potencial sobre la superficie de los electrodos de grafito flexible.

5. REFERENCIAS

[1] Malik, A. Environment International, 33(1), 122–138(2007).

Correlación paramétrica de la reacción de reducción de oxígeno en electrodos de pasta de grafito modificados con carbones activados de residuos agroindustriales

Presentación **Oral**

I. Robles[1*], A.Vela[1], L.A. Godínez[2]

[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S. C. (CIDETEQ), Parque Tecnológico Querétaro, 76703 Sanfandila, Pedro Escobedo, Querétaro, México.

[2]Centro de Investigación en Química para la Economía Circular, CIQEC, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Centro Universitario, 76010 Querétaro, Querétaro, México.

E-mail: irobles@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos agroindustriales transformados en carbones activados poseen una composición que favorece el desempeño de electrodos de pasta de grafito, y en este sentido pueden ser utilizados en el estudio de reacciones electroquímicas como la reacción de reducción de oxígeno. Sin embargo, es necesario identificar la relación existente entre carbones activados y su desempeño como cátodos en la reacción electro-Fenton en agua [1].

2. METODOLOGÍA

Se prepararon carbones activados con residuos de cáscaras de naranja(O) y coco(C), activados con H_3PO_4(P) y $ZnCl_2$(Z), y se usaron como elementos modificadores de electrodos de pasta de grafito para seguir la RRO vía 2 electrones, para finalmente validar su desempeño en la reacción de Fenton con dos moléculas de origen iónico opuesto, naranja de metilo (NM), y azul de metileno (AM). El desempeño se siguió por técnicas electroquímicas [2].

3. RESULTADOS

Se encontró una correlación de los parámetros que intervienen en el estudio de la reacción de reducción de oxígeno vía 2e-. Se encontró un gran efecto del agente activante, los que fueron activados con H_3PO_4, presentaron un desempeño reversible/cuasi-reversible con la molécula sonda $[Fe(CN)_6]^{3-}/[Fe(CN)_6]$. También se identificaron cinéticas más rápidas de generación de H_2O_2, este comportamiento y la diferencia de potencial de sus electrodos correspondientes se asocia a la proporción de grupos funcionales ácidos, en comparación con los materiales modificados con $ZnCl_2$. Del mismo modo, la proporción de grupos ácidos se relaciona con el punto de carga cero, que resultó mayor en los materiales modificados con $ZnCl_2$. Por otro lado, se notan diferencias significativas en los electrodos que utilizaron cascara de coco, pues mostraron un área electroactiva de orden de magnitud similar, independientemente del agente activante utilizado. En este sentido, es posible sugerir que esto mejoró la concentración de peróxido de hidrógeno lograda, este material favorece una mayor degradación del colorante naranja de metilo, por su mayor afinidad a la superficie [1-3], ver resultados comparativos en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación de propiedades.

Parámetro	GPE	C_Z	O_Z	C_P	O_P
H_2O_2 (mg/L)	4.03	7.95	6.29	8.7	4.4
ηEF NM (%)	4.2±0.8	61±1.3	60±0.42	**70±0.4**	45±1.2
ηEF AM (%)	6.4±0.7	32±0.6	10 ± 0.9	33±2.3	17±1.0
Área Electroactiva (cm^2)	0.007	0.104	0.494	0.1	0.02

4. CONCLUSIONES

Fue posible establecer una relación paramétrica de la reacción de reducción de oxígeno llevada a cabo en cátodos de pasta de grafito modificados con carbones activados de origen agroindustrial. Se identificó que el cátodo más eficiente en la reacción de Fenton resultó ser el electrodo modificado con carbón de cascara de coco activado con ácido fosfórico, ya que produjo mayor concentración de peróxido de hidrógeno y presentó una mayor afinidad por molécula aniónica. El agente activante ácido fosfórico, en combinación con los grupos funcionales del precursor de cascara de coco permitieron un equilibrio para atraer a los iones de hierro a la superficie favoreciendo la reacción.

5. REFERENCIAS

[1] A.K. Ortiz-Martínez, L.A. Godínez, C. Martínez-Sánchez, J.D. García-Espinoza, I. Robles, *Electrochim Acta* 390 (2021).

[2] A.Z. Vela, L.A. Godínez, J.D. García-Espinoza, R.J. Martínez, M.O. Franco-Hernández, A.B. Piña-Guzman, M.C. Santos, F. Robles-Martínez, I. Robles, *Mex Chem Soc.,* **67**, 4, 359–370 (2023).

[3] A.Z. Vela-Carrillo, R.J. Martínez, L.A. Godínez, J. de J. Pérez-Bueno, F. Espejel-Ayala, I. Robles, *Biomass Convers Biorefin,* **14**, 733–750 (2024).

Efecto del magneto-electropulido sobre la preparación de electrodos de Ti modificados con películas de TiO_2 y sus propiedades de decoloración fotocatalítica de azul de metileno en medio acuoso ácido.

Presentación **Oral**

R. Leal-Avila[1], Y. Cerón-Valdéz[2], X. Tiquet-Andrade[2], C. Coello-Mauleón[1], R.B. Domínguez-Cruz[3], S.C. Gaucín-Gutiérrez[1], G. Trejo-Cordova[1], J. de J. Perez-Bueno[1], J. Manríquez[1*]

[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C., Sanfandila, 76703, Pedro Escobedo, Querétaro, Mexico.

[2]Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji, El Carmen, 42830 Hidalgo, México.

[3]SECIHTI-CIMAV, Av. Miguel de Cervantes #120, 31136, Chihuahua, México. E-mail: rleal@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El control de la interfaz sustrato de electrodo-TiO_2 es fundamental, ya que la eficiencia fotocatalítica de las películas de TiO_2 crecidas por anodizado sobre sustratos de Ti (Ti|TiO_2) depende de su morfología y composición química [1]. Aunque el pulido manual (PM) es el procesamiento estándar, induce microdefectos que dificultan el crecimiento ordenado de nanoestructuras [2]. Este trabajo investiga el impacto del electropulido (DP-EP) y magneto-electropulido (DP-MEP), ambos de doble pulso potenciostático en Ti grado 2, analizando la sinergia entre estos pretratamientos y el tiempo de anodizado (3 y 4 h) para optimizar la decoloración fotocatalítica de azul de metileno (AM).

2. METODOLOGÍA

Sustratos de Ti grado 2 se acondicionaron mediante tres métodos: PM (lija de SiC y suspensión de γ-Al_2O_3), DP-EP (doble pulso potenciostático a 40 V, 2 min, en etilenglicol/NaCl/etanol) y DP-MEP (mismas condiciones de DP-EP con un campo magnético de 50 gauss). Posteriormente, se electroformaron películas de TiO_2 por anodizado durante 3 y 4 h. La respuesta fotocatalítica se evaluó mediante la cinética de decoloración de AM en un buffer de sulfatos pH 2 bajo iluminación UV.

3. RESULTADOS

Durante el crecimiento de películas de TiO_2 se observó una notable transición estructural como función del tiempo de anodizado. A las 3 h de reacción, los electrodos exhibieron una morfología nanotubular. Bajo estas condiciones, el pretratamiento PM presentó la mayor eficiencia de decoloración (74%), en comparación con DP-EP (42%) y el DP-MEP (35%). En contraste, el anodizado por 4 horas promovió un crecimiento de tipo "palomita de maíz" (*popcorn-like*). Esta transición morfológica estuvo acompañada de una modificación en el comportamiento fotocatalítico de los electrodos Ti|TiO_2. En ambos casos, los datos experimentales se ajustaron satisfactoriamente al modelo de Langmuir-Hinshelwood con constante cinética de pseudo-primer orden, mostrando una tendencia alineada con los resultados de decoloración fotocatalítica de AM. [3].

4. CONCLUSIONES

Los pretratamientos DP-EP y DP-MEP se presentan como estrategias óptimas para modular con precisión las morfologías y las propiedades fotocatalíticas de electrodos Ti|TiO_2.

5. REFERENCIAS

[1] Ž. Marinko, L. Suhadolnik, Z. Samardžija, J. Kovač, y M. Čeh, *Catalysts*, **10**, 803, jul. (2020). [2] L. C. Zhang, L. Y. Chen, L. Wang, *Adv. Eng. Mater.*, **22**, 1901258, (2020). [3] H. D. Tran, D. Q. Nguyen, P. T. Do, U. N. P. Tran, *RSC Adv.*, **13**, 16915, (2023).

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la SECIHTI por el apoyo financiero al proyecto CBF2023-2024-1729. RLA agradece a la SECIHTI la beca para estudios de doctorado.

Evaluación electroquímica del Cu_2O-ZnO-Bi_2O_3 para la reacción de reducción de nitratos

Presentación **Oral**

M. Á. Soto-Mendoza[1], C. Ramírez-Rodríguez[1], A. Manzo-Robledo[2], L. Juárez-Marmolejo[1], R. G. Sánchez-Alvarado[1], A. Ezeta-Mejía[1]*

[1] Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Departamento de Metalurgia y Materiales. UPALM. Edificio 7, 07830, CDMX, México.

[2] Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Laboratorio de Electroquímica y Corrosión. UPALM. Edif. Z5, 07830, CDMX, México.

E-mail: aezetam@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación de los cuerpos de agua por nitratos, derivada principalmente por el uso excesivo de fertilizantes agrícolas y los desechos industriales representa una grave amenaza ambiental y para la salud pública. Para abordar esta problemática, la reducción electro-catalítica de nitratos ($RRNO_3$) ha emergido como una solución prometedora. Esta técnica además de eliminar el contaminante del agua, lo convierte en productos útiles como amoníaco o en gas nitrógeno inerte operando bajo condiciones ambientales de presión y temperatura.[1-2]

Bajo este contexto, los electrocatalizadores basados en óxidos metálicos poseen un papel crucial, debido a la capacidad de modulación de su estructura electrónica, conductividad y alta densidad de sitos activos que facilitan el anclaje de los analitos, de tal forma que optimizan la transferencia de electrones y protones durante la polarización. De esta manera, se controlan las reacciones secundarias e incrementa drásticamente la selectividad y eficiencia de la conversión, ofreciendo una solución atractiva para la remediación ecológica y la producción química sostenible.[3]

2. METODOLOGÍA

Se empleó el método de coprecipitación para la obtención de Cu_2O-ZnO-Bi_2O_3. Se disolvieron los precursores (CuCl, $ZnCl_2$, $BiCl_3$) en una solución de citrato de sodio 0.5 M. Después de 30 minutos, se adicionó hidróxido de sodio 3 M y l-ácido ascórbico 0.25 M a un ritmo de 8 $mL \cdot min^{-1}$ bajo agitación magnética por 15 minutos a condiciones ambientales. El material obtenido fue filtrado, lavado y secado a 60 °C. Se empleó una celda convencional de tres bocas y 0.1 M de $KHCO_3$ como electrolito soporte.

3. RESULTADOS

Los resultados por MEB revelaron la morfología del electrocatalizador, para Cu_2O y ZnO, se obtuvieron morfologías semiesféricas y para Bi_2O_3 se obtuvieron morfologías laminares, características de este compuesto. El análisis por DRX mostró las reflexiones de las fases cristalinas del Cu_2O, ZnO, α-Bi_2O_3 y β-Bi_2O_3 con un tamaño de cristalita promedio de 12 nm.

Se determinó el ECSA a través de la esfera interna en 0.1523 cm^2. Durante el análisis por VC en ausencia de nitratos se observaron los procesos REDOX del electrocatalizador, la corriente producida está directamente relacionada a la REH. Durante la polarización en presencia de nitratos se observaron cambios en los procesos de adsorción y desorción atribuidos a la presencia del NO_3^-, además de observar una mayor producción en la corriente de -1.6 V/ERH.

4. CONCLUSIONES

La síntesis por precipitación permitió la correcta formación de Cu_2O-ZnO-Bi_2O_3. Los análisis por MEB-EDS demostraron la presencia de los elementos constituyentes y la morfología de los catalizadores. El patrón de difracción confirmó las fases cristalinas además de permitir el cálculo del tamaño de cristalita promedio en 12 nm. A partir de la evaluación electroquímica se demostró que el Cu_2O-ZnO-Bi_2O_3/C es altamente electroactivo debido a un mayor número de sitios activos, lo que resulta en una mayor ECSA y densidad de corriente (-10.17 $mAcm^{-2}$) obteniendo un mayor porcentaje de conversión para la $RRNO_3$.

5. REFERENCIAS

[1] Lin, P., Lv, C., Peng, J., Jiang, X., Yao, Y., Hu, W., & Sun, X. *ChemSusChem*, ***19*(2),** (2026).

[2] Liu, H., Park, J., Chen, Y., Qiu, Y., Cheng, Y., Srivastava, K., & Li, W. *ACS Catalysis*, ***11*(14)**, 8431-8442, (2021).

[3] Fang, L., Wang, S., Lu, S., Yin, F., Dai, Y., Chang, L., & Liu, H. *Chinese Chemical Letters*, ***35*(4)**, 108864. (2024).

Efecto de la configuración del reactor sobre la electrooxidación de enrofloxacino empleando electrodos de BDD

Presentación **Oral**

M.M. Dávila-Jiménez[1*], O. Ornelas-Dávila[1], O.M. Cornejo[1,2], I. Sirés[2]

[1] Laboratorio de investigación electroquímica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

[2] Laboratori d'Electroquimica dels Materials i del Medi Ambient, Departament de Ciència de Materials i Química Física, Secció de Química Física, Facultat de Química, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès 1-11, 08028 Barcelona, España.

E-mail: mdavila.uap.mx@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

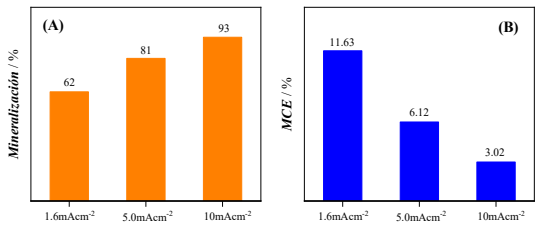
El enrofloxacino (ENR) es un importante agente antibacteriano de amplio espectro de uso en medicina y en veterinaria. No obstante, tiene el potencial de fomentar la resistencia a los antibióticos [1] y manifestar efectos tóxicos sobre la biota acuática [2]. En consecuencia, se han llevado a cabo investigaciones extensas sobre métodos oxidativos eficaces para la eliminación de este tipo de contaminantes en las aguas residuales [3-4]. Este estudio describe el efecto de la configuración del reactor, equipado con electrodos de diamante dopado con boro (BDD), así como de los parámetros operacionales (p. ej., j y pH) sobre la eliminación de ENR. Se sugieren potenciales vías de reacción durante el proceso de oxidación.

2. METODOLOGÍA

La degradación y mineralización de ENR se estudió en un reactor de flujo continuo en modo de recirculación por lotes y en una celda dividida, empleando electrodos BDD. Se empleó HPLC-DAD, CEI y HPLC-MS para estudiar la cinética de degradación de ENR así como la estabilidad de intermedios e identificación de productos finales, tales como compuestos aromáticos y ácidos carboxílicos.

3. RESULTADOS

A los 300 min de electrólisis a 10 mA/cm² en el reactor de flujo continuo, la mineralización de una solución 0.1 mM de ENR es del 91 % a pH 7, obteniéndose una constante de degradación de 2.43×10^{-2} min^{-1}. La concentración de ácido oxálico es el doble que la de ácido oxámico. En celda dividida a pH 2.0, se alcanzó una mineralización del 93 % a los 240 min de electrólisis. En tanto que para j = 1.6 mA/cm² se obtuvo una mineralización del 62 %. La concentración de ácido oxálico y fórmico determinada fue de 3 mg/L. El ácido oxámico se generó en una proporción significantemente menor.



Influencia de la densidad de corriente sobre la mineralización (A) y MCE (B) para ENR 0.1 mM en Na_2SO_4 0.01 M en una celda dividida después de 240 minutos.

4. CONCLUSIONES

El pH de la solución saliente del reactor de flujo continuo fluctuó de manera continua y estuvo condicionado por el valor de la corriente aplicada. Se alcanzó el 92-97 % de mineralización de una solución de ENR 0.1 mM en celda dividida a 10 mA/cm² tras 240 minutos. Se determinó la estructura química de intermedios y productos mayoritarios.

5. REFERENCIAS

[1] B. Prack McCormick, y col .Sci. Total Environ, 955, 176874 (2024).
[2] M. Tarigan, y col. Processes, 13, 843, (2025).
[3] J. Mora-Gómez, y col. Sep. Purif. Technol. 208, 68 (2019).
[4] J.F. Carneir, y col. J. Environ. Chem. Eng. 8 104433 (2020).

Comparación de la degradación de metronidazol en solución acuosa mediante procesos de electrooxidación y ozonización.

Presentación **Oral**

A Sandoval Pérez[1], G Roa Morales[1*], R Natividad Rangel[1], C Alanis Ramírez[2]

[1] Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable, Carretera Toluca-Atlacomulco, Km 14.5, Toluca, México.

[2] Facultad de Planeación Urbana y Regional, Laboratorio de Ciencias Ambientales. Toluca, Méx.

E-mail: ansandovalpe9145@uaemex.mx

1. INTRODUCCIÓN

El metronidazol (MTZ) es un contaminante emergente recalcitrante detectado en sistemas acuáticos debido a su amplio uso y a su resistencia a eliminación de los tratamientos convencionales, por lo que, los Procesos de Oxidación Avanzada (POA) son una alternativa para su remoción debido a la producción de radicales hidroxilo (•OH). La electrooxidación con electrodos de diamante dopado con boro (BDD) producen •OH adsorbidos sobre el ánodo, la ozonización puede reaccionar, por oxidación directa y en medio básico destacan por su capacidad para generar especies altamente oxidantes capaces de degradar compuestos orgánicos recalcitrantes, lo que los convierte en una alternativa eficiente para el tratamiento de contaminantes farmacéuticos[1].

En este trabajo se comparó la degradación de MTZ en solución acuosa mediante electrooxidación (EO) con BDD y ozonización (Oz), con el propósito de evaluar la eficiencia de ambos procesos e identificar las condiciones de operación más favorables para la eliminación de este contaminante emergente.

2. METODOLOGÍA

La remoción de metronidazol (30 mg/L) se evaluó en un reactor de flujo ascendente mediante dos procesos de oxidación: ozonización (Oz) y oxidación electroquímica (EO) con electrodos de diamante dopado con boro (BDD). La reacción se llevó a cabo durante una hora con un flujo de 50 ml min^{-1} de aire o una mezcla de aire con ozono, con una concentración promedio de 7.78 mg/l de O_3 disuelto en agua. El muestreo se realizó cada 5 min y la degradación fue monitoreada por medio de espectroscopía UV-Vis.

3. RESULTADOS

Los resultados de la degradación de metronidazol se presentan en la Figura 1. Se observa que durante los primeros 5 min de tratamiento, la Oz alcanzó una eficiencia de remoción del 61.41%, mientras que la EO obtuvo un 40.06%. A los 10 min, la degradación aumentó a 88.48% para la Oz y a 62.23% para la EO. Finalmente, después de 20 min de tratamiento, la Oz presentó una mayor eficiencia de degradación (98.77%) en comparación con la EO con BDD (95.38%).

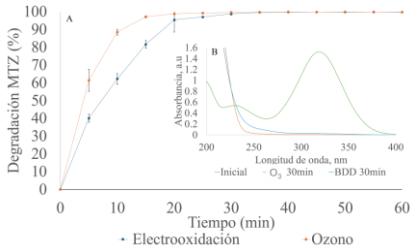


Figura 1. Degradación de MTZ. (A) Cinética de degradación (B) Absorbancia que presenta la concentración de MTZ Inicial y a 30 min de tratamiento con O_3 o EO (30, 0.0009 y 0.0016 mg/L)

4. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales estudiadas, la ozonización presentó una mayor eficiencia en comparación con la EO-BDD alcanzando mayores porcentajes de degradación en menores tiempos de tratamiento. Estos resultados evidencian la ozonización como una alternativa prometedora para la eliminación de contaminantes emergentes. Se sugiere la combinación de ambas técnicas para potenciar la generación de especies oxidantes y mejorar la eficiencia de ambos tratamientos.

5. REFERENCIAS

[1] P. Kumari, A. Kumar, *Results in Surfaces and Interfaces*,**11**, 1, (2023).

Oxidación de 2,4 Diclorofenol utilizando diferentes materiales carbonosos como cátodos en un sistema Galvanic-Fenton Heterogéneo

Presentación **Oral**

L.E. López-Torres[1], V. Lugo-Lugo[1,2], K.L. Sánchez-Sánchez[1], H. García-Arellano[1], G. G. Suárez-Velázquez[3], J. G. Suárez-Velázquez[4], F. Caballero-Briones[4]
[1]Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma.
[2]Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma del Estado de México
[3]Universidad Politécnica de Altamira, Tamaulipas.
[4]Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Altamira, IPN
E-mail: violelugol@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El 2,4-diclorofenol (2,4-DCP) es un contaminante altamente tóxico y persistente, generado por actividades industriales y degradación de herbicidas. Dada su bioacumulación y efectos adversos en organismos acuáticos, su presencia es un riesgo ambiental [1]. Este trabajo propone usar residuos grafíticos modificados con grafeno (RG-OG), biochar de cáscara de naranja (BN-OG) y fase MAX (Nb_2SnC_x) cómo cátodos particulados en un sistema electroquímico Galvanic-Fenton heterogéneo (GFH) para evaluar la oxidación de este contaminante.

2. METODOLOGÍA

El sistema GFH consistió en un reactor de 0.2 L, con 0.2 g de partículas de material carbonoso: RG-OG, BN-OG o Nb_2SnC_x como cátodos heterogéneos; como ánodos 2 cilindros de hierro tipo electro-deflectores (3 cm^2) y agitación magnética a 400 rpm. Se adicionaron 333 mg/L de H_2O_2 al inicio de la reacción y la concentración de 2,4 DCP se determinó por HPLC. Se evaluó el pH inicial (2.8-3.5), la concentración inicial de 2,4 DCP (10-100 mg/L) y el uso de NaCl y Na_2SO_4 como electrolitos soporte en el sistema.

3. RESULTADOS

El sistema GFH empleando ánodos de hierro y cátodos de RG-OG, BN-OG y Nb_2SnC_x demostró ser eficiente para la degradación de 2,4-DCP en medio acuoso, logrando hasta un 93.3% de remoción en tiempos cortos (10 min). Los resultados evidenciaron que el tipo de cátodo desempeña un papel determinante en la cinética del proceso (Tabla 1), y aunque el cátodo RGOG presentó menores velocidades de remoción en comparación con BN-OG y Nb_2SnCx se eligió para experimentos subsecuentes debido a su bajo costo. El pH del medio y la concentración inicial de 2,4DCP, resultaron ser variables críticas, ya que su incremento provocó una disminución en la velocidad de degradación. Una dosis de 166.5 mg/L de H_2O_2 fue suficiente para lograr una degradación eficiente del contaminante (Fe/H_2O_2 óptima: 35/166.5 mg/L). Finalmente, la adición de electrolitos soporte no mejoró la eficiencia del proceso.

Tabla 1. Constantes cinéticas de velocidad

Modelo Cinético	K_1 (s^{-1})	R^2	% Degradación	Tiempo (min)
Efecto del cátodo				
Fe/RGOG	0.1119	0.9951	65.6	10
Fe/Nb_2SnC_x	0.1897	0.9897	91.0	
Fe/BN-OG	5.0238	0.9764	93.3	
Efecto del pH: cátodo RGOG				
pH 2.8	0.1119	0.9951	65.6	10
pH 3.5	0.1196	0.9706	55.3	
Efecto de concentración inicial (mg/L): cátodo RGOG				
50	0.0553	0. 988	31.3	20
100	0.0585	0.9269	9.7	
Efecto de la dosis de H_2O_2 (mg/L): cátodo RGOG				
100	0.1119	0.9951	65.6	10
50	0.1030	0.9499	62.0	
Efecto del electrolito soporte: cátodo RGOG				
NaCl	0.0496	0.9240	56.4	10
Na_2SO_4	0. 0365	0.9957	32.9	

4. CONCLUSIONES

El empleo de diferentes materiales carbonosos particulados en un sistema GFH representa una alternativa eficiente y de bajo consumo energético para la degradación de compuestos fenólicos clorados como el 2,4-diclorofenol.

5. REFERENCIAS

[1] D. Yin, H. Jin, L. Yu, & S. Hu. *Environment Pollution*, *122*(2), 217-222, (2003).

Acoplamiento de un fotoánodo RuO_2-TiO_2 y un electrodo de difusión de oxígeno basado en rGO-KOH para la producción electroquímica sostenible de H_2O_2

Presentación **Oral**

S.F. Rojas Vargas[1], P. Acevedo Peña[2], M. González Montiel[1], V. Aguilar Vargas[1], E. Reguera[1]

[1] Instituto Politécnico Nacional. Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía. CICATA unidad Legaria. Ciudad de México, México.

[2] SECIHTI-Instituto Politécnico Nacional. Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía. CICATA unidad Legaria. Ciudad de México, México.

E-mail: srojasv2500@alumno.ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) es un oxidante de gran interés para aplicaciones ambientales por su capacidad de generar especies reactivas de oxígeno, que se emplean en procesos avanzados de tratamiento de agua. En este contexto, la generación electroquímica in situ de H_2O_2 mediante la reacción de reducción de oxígeno por vía de dos electrones (ORR $2e^-$) ha emergido como una opción sostenible para el desarrollo de tecnologías descentralizadas de remediación ambiental. Los materiales basados en óxido de grafeno reducido (rGO) han demostrado un desempeño prometedor como electrocatalizadores para la ORR debido a su elevada área superficial, conductividad eléctrica y facilidad de modificación química. En particular, la activación química con KOH permite aumentar la densidad de grupos oxigenados y mejorar la producción de H_2O_2. La identificación del material carbonoso con mayor actividad y selectividad hacia la ORR y su posterior integración como cátodo en una celda fotoelectroquímica acoplada a un fotoánodo de TiO_2 modificado con RuO_2, orientada a incrementar la eficiencia de generación de H_2O_2 mediante el aprovechamiento simultáneo de procesos fotoelectrocatalíticos y electrocatalíticos. Este enfoque busca reducir los requerimientos energéticos del sistema y potenciar su aplicación en tecnologías sostenibles para el tratamiento de agua [1].

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron nanobarras de TiO_2 sobre sustratos de ITO mediante un método hidrotermal y, posteriormente, se decoraron con nanopartículas de TiO_2/RuO_2. El fotoánodo obtenido se acopló a un electrodo de difusión de oxígeno basado en rGO, obtenido a partir de baterías ion-litio (LIBs) gastadas, activado químicamente con KOH (rGO-KOH), previamente optimizado para la producción de H_2O_2

3. RESULTADOS

El sistema cataliza de manera eficiente la reducción electroquímica del oxígeno y favorece la formación de H_2O_2 mediante la vía de 2 e^-. El incremento de las corrientes de disco y de anillo (Figura 1) con la velocidad de rotación confirma la participación del transporte de masa en el proceso y constituye una prueba directa de la producción de H_2O_2, lo que sugiere que la activación química con KOH genera defectos, bordes expuestos y grupos oxigenados capaces de estabilizar el intermediario *OOH y de promover la selectividad hacia la ruta $2e^-$ de la ORR.

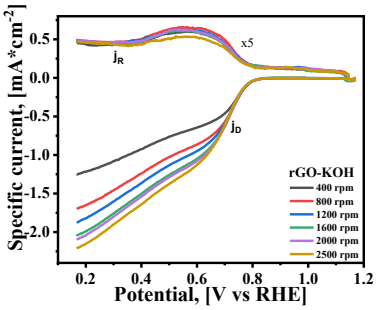


Figura 1. RRDE evaluation for rGO-KOH.

4. CONCLUSIONES

El sistema confirma una respuesta electrocatalítica favorable para la producción de H_2O_2 prometedora en sistemas electroquímicos y fotoelectroquímicos acoplados con RuO_2-TiO_2.

5. REFERENCIAS

[1] Trench, et al. **Chemosphere, 352**, 141456, (2024).

Generación de oxidantes mediante procesos sonoelectroquímicos: interacción entre energía mecánica, eléctrica y química

Presentación **Oral**

I.A. Díaz-Amayo[1], J. D. García- Espinoza[1], J. Ledesma-García[2], D. I. Sandoval-Cárdenas[1], J. M. Peralta-Hernández[3], L. A. Godínez- Mora Tovar[1].

[1]Centro de Investigación en Química para la Economía Circular, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.

[2]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro.

[3]Departamento de Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato.

E-mail: aurorad.ck@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La electroquímica representa una alternativa clave para la actual crisis energética y ambiental, ya que permite tanto el almacenamiento de energías renovables como la generación de especies oxidantes útiles para la degradación de contaminantes. La reacción de reducción de oxígeno (RRO) es fundamental para la producción electroquímica de peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Este proyecto propone estudiar la transducción de energía eléctrica, mecánica y química mediante el acoplamiento de ultrasonido a la RRO en celdas electroquímicas. Asimismo, la generación electroquímica de microburbujas de hidrógeno busca intensificar la cavitación en la interfaz electrodo-solución, potenciando la sinergia entre ambos procesos. [1].

2. METODOLOGÍA

Se utilizó una celda electroquímica de tres electrodos utilizando un electrodo de trabajo de Pt y C tipo RDE, un electrodo de referencia Ag|AgCl y un contraelectrodo de platino. La cinética de la reacción de reducción de oxígeno se evaluó mediante voltamperometría lineal a diferentes velocidades de rotación del electrodo (400–2500 rpm), registrando curvas de polarización a una velocidad de barrido de 2 mV s^{-1}. Adicionalmente, se realizaron mediciones de espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) en diferentes potenciales dentro de la región de reducción de oxígeno, aplicando una perturbación senoidal de 10 mV en un intervalo de frecuencias de 100 kHz a 0.1 Hz

3. RESULTADOS

Los voltamperogramas de la Fig. 1 muestran un desplazamiento del potencial de inicio de la RRO hacia valores más positivos al incrementar el potencial de acondicionamiento, acompañado de un aumento de la corriente catódica. Este comportamiento sugiere una disminución de la barrera energética para la transferencia electrónica y una mejora de la actividad electrocatalítica del electrodo. Estos resultados son consistentes con el análisis cinético posterior mediante curvas de Tafel y espectroscopía de impedancia electroquímica, donde se evaluaron cambios en la resistencia a la transferencia de carga (Rct), la pendiente de Tafel y la constante aparente de transferencia electrónica (k^0).

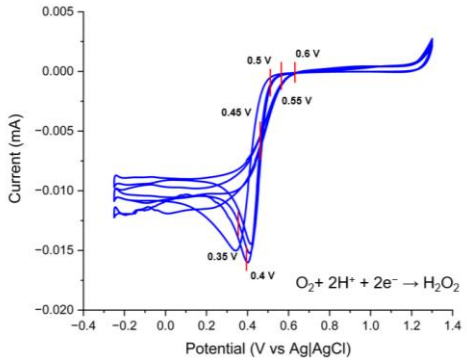


Figura 1. Voltametría cíclica para Pt.

4. CONCLUSIONES

Es posible analizar la cinética de RRO del Pt y C por medio de técnicas como EIS y RDE, bajo el efecto del ultrasonido y de la generación de microburbujas.

5. REFERENCIASREVISTAS

[1] I. A. Díaz, Z. L. Mota, J. D. García-Espinoza, I. Robles, J. J. Treviño-Reséndez, F. J. Rodríguez-Valadez, E. Castaño-Tostado, L. A. Godínez, *Electrochimica Acta*, **547**, 147876, (2025).

Producción de bioenergía mediante un sistema celda de combustible microbiana - humedal artificial para la remoción de ibuprofeno

Presentación **Oral**

S. Nájera Hernández[1], K.G Monciabais[1], M.M Aguilera Flores[1], V. Ávila Vázquez[1].

[1] Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional de Ingeniería Campus Zacatecas; Blvd. Del Bote 202 Cerro del Gato Ejido La Escondida, Col. Ciudad Administrativa 98160 Zacatecas, Zac., México. Tel. 55) 5729-6000 ext 83561

E-mail: snajerah2300@alumno.ipn.mx, vavila@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

EL ibuprofeno presente en sistemas acuáticos se ha convertido en un probrema ambiental por su presistencia y bioacumulación [1]. Se denominan contaminantes emergentes y los tratamientos convencionales son inadecuados para remover dichos compuestos, en este contexto las celdas de combustible microbianas (CCM) acopladas a humedales artificiales (HAC) se han convertido en una alternativa eficiente para la remoción de diversos contaminantes y producír bioenergía durante el tratamiento [2]. Estos sistemas híbridos han demostrado ser una solución innovadora, combinando la capacidad natural de los humedales para remover contaminantes con la capacidad de las CCM para generar energía [3]. Este estudio evaluó un sistema combinado de CCM-HAC como una alternativa sostenible para el tratamiento de aguas residuales y la generación simultánea de bioenergía.

2. METODOLOGÍA

Se emplearon dos sistemas de CCM-HAC empleando una concentración de 100 ppm de ibuprofeno, se empleó un ánodo de fieltro de carbón y dos tipos de cátodos: barras de grafito y un biocátodo elaborado a partir del hueso de una especie invasora en México (*Pterygoplichthys* sp. Se obtuvieron las curvas de polarización, potencia, los valores de resistencias de ambos sistemas, la eficiencia coulumbimetrica, y la curva de estabilidad en la producción de energía, así como la evaluación de la remoción del ibuprofeno.

3. RESULTADOS

Se obtuvo una remoción de ibuprofeno del 35% con el cátodo de grafito y del 96% con el biocatodo, evidenciado una mejora sustancial en la eficiencia del tratamiento. En cuanto a la caracterización electroquímica los resultados se muestran en la Tabla 1. El desempeño electroquímico es comparable con sistemas similares de la literatura y con un potencial aprovechamiento de materiales alternativos de bajo costo.

Tabla 1. Datos de la caracterización electroquímica.

Material del cátodo	Parámetros evaluados			
	DP_{max} / mWm^{-2}	I_{max} / mAm^{-2}	R_{total} / Ω	EC/%
1. Tubos de grafito	0.56	3.64	286.43	3.04
2. Biocátodo	0.58	3.46	124.74	2.28

4. CONCLUSIONES

El Sistema donde se empló el biocátodo logró una ligera mejora en la producción energética que es consistente con la resistencia total obenida comparada con la CCM_HA que empleó el grafito como cátodo. Desde el punto de vista de remoción del ibuprofeno también se muestra sustancial diferencias siendo el biocátodo donde se obtuvo el mayor porcentaje de degradación.

5. REFERENCIAS

[1] V. K. Parida, D. Saidulu, A. Majumder, A. Srivastava, B. Gupta, A. K. Gupta, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(5), 105966, (2021).

[2] J. Meléndez-Marmolejo, Y. García-Saavedra, V. Galván-Romero, L. D. De León-Martínez, K. Vargas-Berrones, J. Mejía-Saavedra, R. F. Ramírez, *Contaminantes emergentes. Problemática ambiental asociada al uso de antibióticos. Nuevas técnicas de detección, remediación y perspectivas de legislación en América Latina*, 1, 1, (2020).

[3] F. Borja-Maldonado, M. Á. López Zavala, *Heliyon*, 8(7), e09849, (2022).

Efecto de pulsos eléctricos sobre la potencia de salida y la resistencia interna de una celda de combustible microbiano

Presentación **Oral**

L.A Esteban-Bravo[1], G. Acosta-Santoyo[1], F. Rodríguez-Valadez[2], L.A Godínez[1*]

1 Centro de Investigación en Química para la Economía Circular. Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Centro Universitario, 76010, Qro, MX

[2] Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica.

E-mail: lesteban12@alumnos.uaq.mx

1. INTRODUCCIÓN.

Las celdas de combustible microbianas (MFC, por sus siglas en inglés) son sistemas bioelectroquímicos innovadores que utilizan microorganismos anaerobios o anaerobios facultativos exoelectrógenos como catalizadores para generar energía eléctrica de forma directa a través de la metabolización de residuos orgánicos presentes en aguas residuales municipales [1]. Una limitación importante de las MFC actualmente es su alta resistencia interna, que puede reducir la densidad de potencia hasta en un 40 % [2] Debió a lo anterior este estudio evalúa el efecto de la aplicación de pulsos eléctricos externos como estrategia para reducir la resistencia óhmica en una MFC. Para ello, se aplican diferentes anchos y frecuencias de pulso para evaluar su influencia en parámetros clave como la densidad de potencia, la resistencia interna, la transferencia de electrones y la degradación del contaminante que actúa como combustible.

2. METODOLOGÍA

La primera etapa del trabajo experimental consistió en el diseño y montaje de tres celdas de combustible microbiano. Durante la segunda etapa se evaluó el efecto individual que tiene el ánodo, el cátodo y la membrana de intercambio protónico sobre la resistencia interna de la MFC empleando la técnica de espectroscopia de impedancia electroquímica. Finalmente, para la tercera etapa se aplicaron diferentes anchos (-2.0, -0.8, -1.0 1.0 y 2.0 V) y frecuencias (0.01, 0.1 y 1.0 Hz) de pulso para evaluar su efecto en parámetros clave como la densidad de potencia, la resistencia interna, la transferencia de electrones y la degradación del contaminante que actúa como combustible.

3. RESULTADOS

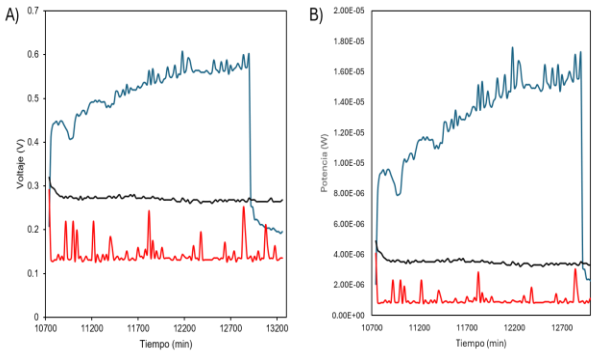


Fig 1: Desempeño electroquímico de los sistemas MFC. A) Voltaje y B) Potencia

4. CONCLUSIONES

Este proyecto proporciona una comprensión más profunda de los fenómenos de transferencia de carga y transporte de masa de los sistemas MFC bajo condiciones de potencial variable. Funcionando como una herramienta que mejora el rendimiento de las celdas de combustible microbiana, permitiendo avanzar hacia dispositivos más eficientes, estables y prácticos para el tratamiento de aguas y la recuperación de energía.

5. REFERENCIAS

Revistas

[1] C. González-Nava, J. Manríquez, L. A. Godínez, F. J. Rodríguez-Valadez, Bioelectrochemistry, **144**, 108003, (2022).

[2] A. Ahmad, A. S. Al Senaidi, M. S. Mubarak, Journal of Environmental Management, **370**, 122696, (2024)

Effect of glyphosate on the electropolymerization of molecularly imprinted polyaniline films and their potential application as sensors

Oral Presentation
S. Márquez García[1], A. de León Santillán[1], R. Kukobat[2] ,R. Cruz Silva[1]*
[1]Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)
[2] Department of Chemical Engineering and Technology
Faculty of Technology, University of Banja Luka

E-mail: rodolfo.cruz@ciqa.edu.mx

1. INTRODUCTION

Glyphosate (GLI) is an herbicide whose indiscriminate use affects biodiversity and generates a public health problem [1]. GLI does not have any chromophore or fluorescent groups, so its detection using optical spectroscopy is difficult [2]. In this study, we investigated the electrochemical polymerization of aniline in the presence of glyphosate with the aim of developing a molecularly imprinted film that can be used for the electrochemiluminescent detection of this herbicide.

2. METHODOLOGY

Polyaniline (PANI) films were fabricated on ITO (indium tin oxide) glass via electropolymerization using the cyclic voltammetry (CV) technique in the presence of glyphosate at different concentrations in an acidic medium.

3. RESULTS

The presence of GLI during electropolymerization modified the intensity of the aniline current. In the final cycle of cyclic voltammetry (**Figure 1**), the PANI exhibited a current density at the anode of approximately 1.2 mA/cm². When GLI was added to the matrix, a decrease in current was observed at the redox peaks, with values ranging from approximately 0.9 to 1.0 mA/cm². The greatest difference was observed in the PANI oxidation transition between 0.25 and 0.50 V. This suggests that GLI may partially inhibit electropolymerization without preventing the formation of the PANI film [3]. This is confirmed by the capacitive response; the PANI/GLI showed a 45% reduction compared to the PANI.

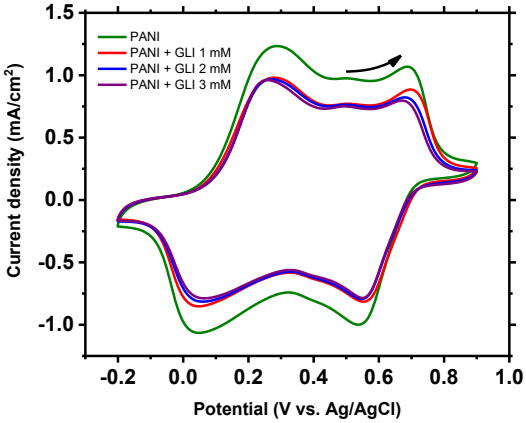


Figure 1. Cyclic voltammograms of PANI and PANI/GLI films at different GLI concentrations, showing the decrease in current density associated with the presence of glyphosate.

4. CONCLUSIONS

GLI modified the electrochemical behavior of the PANI films, both during electropolymerization and potential cycling. GLI reduced the current density and capacitance of PANI compared to PANI without GLI. This indicates a change in the electric double layer and competition between GLI and aniline for active sites on the electrode.

5. REFERENCES

[1] A. Szekacs, B. Darvas, *Frontiers in Environmental Science,* **6,** 78, (2018).
[2] S. Singh, V. Kumar, S. Datta, A. Wani, D. Dhanjal, R. Romero Carrillo, J. Singh, *Environmental Chemistry Letters,* **18,** 663, (2020).
[3] A. Giancarla, C. Zanoni, D. Merli, L.R. Magnaghi, R. Biesuz, *Talanta,* **269,** 125436, (2024).

Adsorción electroasistida de fluoruro usando carbón activado modificado con lantano en flujo controlado

Presentación **Oral**
J. J. Ruiz-Martínez[1], R. Rangel-Méndez[1], L. F. Cházaro-Ruiz[1]
E-mail: luis.chazaro@ipicyt.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

La presencia de fluoruro en el agua en concentraciones superiores a 1.5 ppm representa un desafío para la salud pública, y aunque es un elemento esencial para nuestro organismo, su consumo continuo podría provocar diversas afecciones, como la fluorosis. Existen tecnologías utilizadas para remover este anión de los cuerpos de agua, entre las cuales se encuentran los procesos de sorción electroasistida, que se consideran una alternativa viable. Se ha reportado que la adsorción de fluoruro electroasistida utilizando electrodos a base de carbón activado modificados con hidróxidos de lantano, presenta altas capacidades y tasas de adsorción en comparación con un electrodo prístino. En este estudio, se presentan los resultados de la influencia de un flujo controlado, en el proceso de electroadsorción de fluoruro en celda electroquímica estudiada experimentalmente y mediante modelación matemática [1].

2. METODOLOGÍA

Estos estudios se realizaron en una celda asimétrica de tres electrodos, donde el adsorbente estudiado actuó como electrodo de trabajo, una malla de acero inoxidable (304) como contraelectrodo y el sistema Ag/AgCl/NaCl 3 M como electrodo de referencia. Se empleó la técnica del electrodo rotatorio para simular las condiciones hidrodinámicas durante el experimento, variando la velocidad de rotación del electrodo de 200 a 2000 rpm (número de Reynolds entre 475 y 4750), con una concentración inicial de fluoruro de 5 a 20 ppm y un pH de 6 a 9. Cada experimento se llevó a cabo bajo control potenciostático empleando un potenciostato - galvanostato BioLogic. La concentración de fluoruro se midió utilizando un electrodo selectivo de iones. La capacidad de adsorción de fluoruro (q) se calculó mediante un balance de masas.

3. RESULTADOS

La capacidad de adsorción del electrodo polarizado pristino fue de 1.65 ± 0.1 mg/g. en contraste con un electrodo modificado con lantano que fue mayor, 2.74 ± 0.09 mg/g, independientemente de la velocidad de rotación del electrodo que fue de 200 o 2000 rpm. Este aumento se atribuyó a la presencia de hidróxidos de lantano, que mejoran la afinidad del material por el fluoruro. El control de la velocidad de rotación del electrodo provocó un aumento de la velocidad de electroadsorción lo que beneficia en la disminución del tiempo para alcanzar el equilibrio. Lo mismo ocurre con un aumento de la concentración inicial de fluoruro; mientras que en soluciones a pH 6 las capacidades de adsorción mejoran.

4. CONCLUSIONES

El control de flujo inducido por el electrodo empacado de carbón activado rotatorio puede emular eficazmente el comportamiento hidrodinámico de sistemas continuos, para con ello diseñar un reactor electroquímico más apropiado para para estudios de electroadsorción en continuo.

5. REFERENCIAS

[1] J. J. Ruiz-Martinez, E. Morallon, F. F. Rivera Iturbe, R Rangel-Mendez, L. F. Chazaro-Ruiz, *Journal of Water Process Engineering*, 79, 108890, (2025)

6. AGRADECIMIENTOS

Ruiz-Martínez agradece a CONAHCYT la beca doctoral (CVU: 1023516). Los autores agradecen a CONAHCYT el financiamiento del proyecto de ciencia de frontera “Materiales funcionales heterogéneos (HeteroFoaMs)” (CF-2023-I-981) y a los laboratorios de IPICYT y LAMBAMA por las instalaciones y apoyo técnico (M. Rocha, G. Vidriales, E. Isaacs).

Estudio de la actividad fotoelectrocatalítica del $Bi_4Ti_3O_{12}$ empleando Rodamina B como molécula sonda

Presentación **Oral**

A.Y. Vázquez García[1], J.S. Pérez Bedolla[2], J. Muñoz Saldaña[2], J.A. Díaz Real[1*]

[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Parque Tecnológico Querétaro, Querétaro, México.

[2]Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional – Querétaro, CENAPROT, México.

E-mail: yvazquez@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN.

El $Bi_4Ti_3O_{12}$ con estructura piezoeléctrica y respuesta fotoelectroquímica bajo irradiación UV-VIS representa una alternativa prometedora para procesos de oxidación avanzada. La rodamina B (RhB), un colorante ampliamente utilizado en las industrias textil y farmacéutica es considerada un contaminante emergente por su elevada estabilidad química y persistencia en medios acuosos (1). En este trabajo, el potencial de oxidación de la RhB fue determinado mediante voltamperometría cíclica (CV) y empleado como criterio para establecer las condiciones de operación de los procesos electrocatalíticos y fotoelectrocatalíticos, con el propósito de evaluar la influencia de la polarización electroquímica sobre la eficiencia de degradación del contaminante.

2. METODOLOGÍA

El $Bi_4Ti_3O_{12}$ fue sintetizado mediante molienda mecánica (2) y posteriormente depositado sobre sustratos conductores (FTO) mediante la técnica de "*spray coating*" para la fabricación de electrodos.

El $Bi_4Ti_3O_{12}$ fue sintetizado mediante molienda mecánica y posteriormente los electrodos fueron fabricados mediante la técnica de "*spray coating*". Las mediciones electroquímicas y fotoelectroquímicas se realizaron en un potenciostato BioLogic SP300, en un arreglo de celda a 3 electrodos con ventana de cuarzo, y un simulador solar LED S2V Pico, utilizando un electrolito soporte K_2SO_4 0.5M y RhB 5ppm.

3. RESULTADOS

El voltamperograma cíclico (CV) obtenido permitió identificar el potencial de oxidación de la RhB (Fig. 1), el cual fue empleado para llevar a cabo los procesos electrocatalíticos y fotoelectrocatalíticos para la oxidación de la RhB. Los espectros de absorbancia UV-Vis mostraron una disminución significativa respecto al pico de máxima absorción de la RhB, evidenciando su degradación/decoloración. La aplicación simultánea de polarización e irradiación UV incrementó la eficiencia de degradación respecto al proceso electrocatalítico, demostrando el efecto sinérgico del sistema.

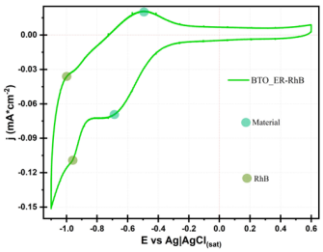


Fig. 1 CV del $Bi_4Ti_3O_{12}$ con y sin RhB

4. CONCLUSIONES

La caracterización electroquímica del $Bi_4Ti_3O_{12}$ y la respuesta del voltamperograma cíclico (CV) con la RhB presente, permitieron establecer las condiciones de operación para su degradación a través de procesos electrocatalíticos y fotoelectrocatalíticos.

5. REFERENCIAS

1. Oladoye PO, Kadhom M, Khan I, Hama Aziz KH, Alli YA. Advancements in adsorption and photodegradation technologies for Rhodamine B dye wastewater treatment: fundamentals, applications, and future directions. Green Chemical Engineering. KeAi Communications Co.; 2024. p. 440–60. doi:10.1016/j.gce.2023.12.004

2. Pérez S, Vázquez-García A, Gutiérrez-Pérez A, Ayala-Ayala MT, Boujnah M, Tapia-P J, et al. Boosting visible light-driven photocatalysis with bismuth titanate (Bi2Ti4O11/Bi4Ti3O12) heterojunctions. Environ Res. 2026 Jan 15;289. doi:10.1016/j.envres.2025.123384

Desarrollo de microceldas electroquímicas cortocircuitadas para la degradación de sulfametoxazol en fase acuosa

Presentación **Oral**

S. Mori-Huerta[1], J. D. García-Espinoza[1], M. T. Ayala-Ayala[2], Diana I. Sandoval[1], Arely Cárdenas[1], L. A. Godínez[1*]

[1] Centro de Investigación en Química para la Economía Circular, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro. Centro Universitario, Querétaro, México.

[2]Cinvestav unidad Saltillo, Ramos Arizpe, Coahuila.

E-mail: luis.godinez@uaq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El sulfametoxazol (SMX) es un antibiótico ampliamente detectado en cuerpos de agua debido a su elevada estabilidad y baja biodegradabilidad, por lo que los tratamientos convencionales presentan una eficiencia limitada para su eliminación [1]. En este contexto, los procesos avanzados de oxidación basados en la reacción Fenton representan una alternativa prometedora para la degradación de contaminantes farmacéuticos persistentes [2]. El objetivo de este trabajo fue desarrollar microceldas electroquímicas cortocircuitadas de carbón activado y hierro (CA/Fe) para promover la degradación de SMX en medio acuoso.

2. METODOLOGÍA

Las microceldas CA/Fe se sintetizaron mediante electrodeposición de hierro sobre carbón activado y se caracterizaron mediante SEM, EDS y DRX. Inicialmente se evaluó su actividad utilizando azul de metileno como contaminante modelo mediante ensayos de decoloración. Posteriormente, la degradación de SMX se optimizó mediante un diseño central compuesto, considerando como variables el tiempo de electrodeposición y la concentración inicial del contaminante.

3. RESULTADOS

El material CA/Fe presentó una constante cinética de decoloración del azul de metileno de 0.429 ± 0.040 min^{-1}, significativamente superior a la obtenida con carbón activado sin modificar (0.226 ± 0.035 min^{-1}), evidenciando una mejora en la actividad tipo Fenton. En contraste, para la degradación de SMX el modelo estadístico no resultó significativo y el mayor porcentaje de remoción (50.79 %) correspondió al carbón activado sin modificar, lo que indica un predominio de los fenómenos de adsorción sobre los procesos oxidativos bajo las condiciones evaluadas.

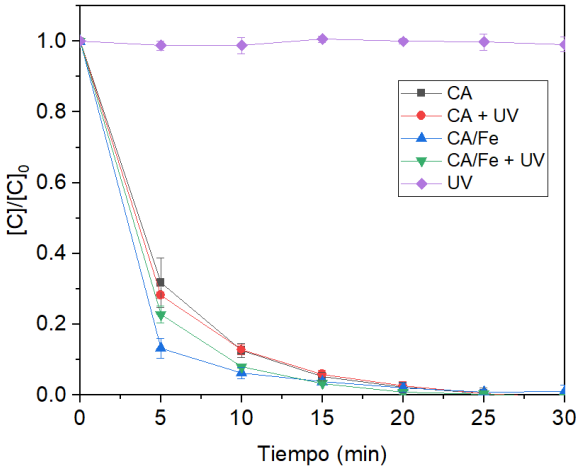


Figura 1. Curvas de decoloración del azul de metileno.

4. CONCLUSIONES

Las microceldas CA/Fe incrementaron la eficiencia de degradación del contaminante modelo, demostrando su capacidad para promover procesos Fenton. Sin embargo, el aumento del contenido de hierro no mejoró la degradación de SMX, probablemente debido a un exceso de Fe^{2+} que limitó la eficiencia del sistema. Los resultados indican la necesidad de explorar nuevos materiales anódicos y configuraciones de microceldas para optimizar el tratamiento de contaminantes farmacéuticos persistentes.

5. REFERENCIAS

[1] Jiang Y., Zhang Y., Zhou Y., et al., *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **10**, 107461 (2022).

[2] Zhang Q., Wang Y., Li X., *et al.*, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **12**, 113737 (2024).

Comparación del desempeño electroquímico de celdas de combustible microbiana de una cámara y humedal artificial para la generación de bioenergía

Presentación **Oral**

K. Y. López Perez[1], M. Á. Uribe Aranda[2], M.M. Aguilera Flores[1], V. Ávila Vázquez[1].

[1] Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional de Ingeniería Campus Zacatecas; Blvd. Del Bote 202 Cerro del Gato Ejido La Escondida, Col. Ciudad Administrativa 98160 Zacatecas, Zac., México. Tel. 55) 5729-6000 ext. 83561.

[2]Facultad de Ingeniería, Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad Autónoma de Yucatán. Av. Industrias No Contaminantes S/N, Mérida, Yucatán, México.

E-mail: vavila@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la búsqueda de soluciones para la generación de energía y tratamiento de aguas residuales ha llevado al desarrollo de tecnologías innovadoras. Las celdas de combustible microbianas (CCM) pueden remover contaminantes, mediante la actividad metabólica de los microorganismos electrogénicos. Paralelamente, el uso de humedales artificiales (HA) se ha posicionado como una estrategia ecológica eficiente para la remoción de contaminantes [1]. En este estudio se compara el rendimiento electroquímico de celdas de una cámara y un humedal artificial para la producción de bioenergía empleando como sustrato la vinaza derivada de la producción del mezcal.

2. METODOLOGÍA

Se implementaron cuatro celdas de combustible microbianas de una cámara de 215 mL. La CCM1 se utilizó solo un ánodo, las CCM 2,3 y 4 tres ánodos conectados en paralelo para cada celda. Los ánodos fueron de carbón felt y los cátodos de tela con Pt (0.5 mg Pt, 60 % carbón), malla de acero inoxidable fue empleada como colector de corriente. En CCM1,2,4 y HA se colocó una resistencia externa de 1 MΩ. Para el montaje del humedal artificial (HA) se empleó una mezcla de vinaza de mezcal al 2% v/v y agua destilada. El humedal usó un ánodo de carbón felt y tres tubos de grafito conectados con alambre de cobre como cátodos [1].

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la caracterización electroquímica de las celdas empleadas y del humedal. Se aprecia que CCM2, >CCM4>CCM1 presenta una mayor DP_{max} y Imax, dicho comportamiento es ligeramente menor que CCM3 y el efecto es asociado al uso de la resistencia, mientras que el HA no puede ser comparado debido a las diferencias significativas en su configuración electroquímicas

Tabla 1. Comparación de la caracterización electroquímica de CCM y HA

Sistema	DP_{MAX} $/mWm^{-3}$	$I_{MAX}/$ mA	$R_S/$ Ω	$R_{TC}/$ Ω	$J_{max}/$ mAm^{-3}
CCM1	6.2	0.15	73.9	1055.7	51.1
CCM2	32.6	0.70	84.1	127.0	325.7
CCM3	44.6	0.93	89.1	122.3	433.3
CCM4	31.5	0.59	115.4	200.7	210.3
HA	2.7	0.09	163.6	266.5	39.6

4. CONCLUSIONES

El empleo de la resistencia de 1 MΩ en las celdas limita el flujo de electrones generando una I_{max} y DP_{max} ligeramente menor comparada con CCM3 que no usó resistencia. Adicionalmente el uso de 1 y 3 ánodos en las CCM muestra un efecto electroquímico más significativo, identificando que el incremento de ánodos favorece la formación de biopelículas y por lo tanto la transferencia de electrones. El humedal tuvo un rendimiento mucho menor por lo que no resulta comparable con las CCM.

5. REFERENCIAS

[1] J. A. Fernández Viveros, F. D. Murillo Cuevas, J. Adame García, *Revista Internacional de Desarrollo Regional Sustentable*, 9, 74, (2024).

Estudio de la transferencia de masa en un reactor electroquímico de lecho empacado con un enfoque de conversión eficiente de energía

Presentación **Oral**

D. Leyva Ruiz[1], L.A. Godínez Mora-Tovar[1], I. Robles Gutiérrez[2], J. de J. Treviño Reséndez[1], S. A. Mayén Hernández[3].

[1]Centro de Investigación en Química para la Economía Circular, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Centro Universitario, Querétaro, México.
[2]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica.
[3]Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.
E-mail: josue.daniel.garcia@uaq.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los procesos electroquímicos de oxidación avanzada (PEOA) producen especies altamente reactivas como el radical hidroxilo (•OH), el cual permite la degradación de contaminantes persistentes [1]. La eficiencia de estos procesos está influenciada por los fenómenos de transferencia de masa, que controlan movimiento de especies químicas hacia la superficie del electrodo. En este contexto, el objetivo de la investigación propone estudiar la eficiencia faradaica en la generación del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) por medio del aumento del coeficiente de transferencia de masa de un reactor electroquímico de lecho empacado, así como la degradación de un contaminante midiendo la eficiencia de mineralización por medio del estudio de efecto del flujo volumétrico, la densidad de corriente, composición del electrolito y la morfología del lecho en un reactor electroquímico de lecho empacado.

2. METODOLOGÍA

Se realizaron pruebas de caracterización de la distribución del tiempo de residencia (DTR) y determinación de oxigeno disuelto a diferentes caudales (8, 14, 16 y 18 L min^{-1}), en un reactor electroquímico de lecho empacado a escala piloto. Posteriormente para la caracterización de transporte de masa se implementó la técnica de la corriente límite utilizando la reacción reversible del ferricianuro y ferrocianuro y se determinó mediante la siguiente ecuación [2]:

$$k_m = \frac{I_{lim}}{nFA_aC_b}$$

Dichas pruebas experimentales, se realizaron evaluando la presencia y la ausencia del Venturi en el sistema experimental.

3. RESULTADOS

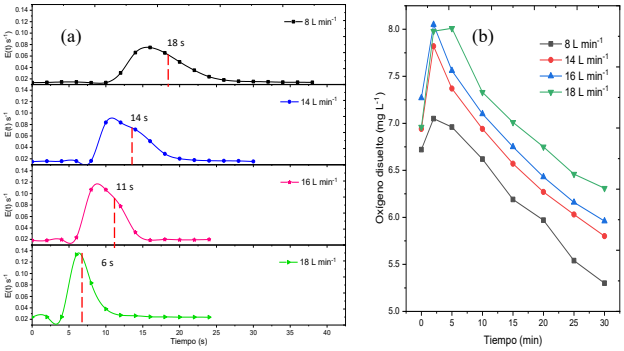


Figura 1. (a) Determinación de la DTR mediante le método de inyección por pulso, (b) determinación de oxígeno disuelto.

4. CONCLUSIONES

El aumento del coeficiente de transporte de masa se ve influenciado por el efecto de la temperatura, la velocidad del flujo y la presencia o ausencia del Venturi en el sistema experimental.

5. REFERENCIAS

[1] E. Brillas, I. Sirés, MA. Oturan, *Chemical Reviews*, **109**, 6570, (2009).

[2] M. Gilbert-Vilas., Y. Pechaud., A. Kherbeche., N. Oturan., L., Gautron., M.A. Oturan & C. Trellu., *Chemical Engineering Journal,* **500**, 157059, (2024).

Estudio de la hidrodinámica sobre la transferencia de masa en un reactor electroquímico de lecho empacado

Presentación **Oral**

D. Leyva Ruiz[1], L.A. Godínez Mora-Tovar[1], I. Robles Gutiérrez[2], J. de J. Treviño Reséndez[1], S. A. Mayén Hernández[3].

[1]Centro de Investigación en Química para la Economía Circular, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Centro Universitario, Querétaro, México.

[2]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica.

[3]Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.

E-mail: josue.daniel.garcia@uaq.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los procesos electroquímicos de oxidación avanzada (PEOA) producen especies altamente reactivas como el radical hidroxilo (•OH), el cual permite la degradación de contaminantes persistentes [1]. La eficiencia de estos procesos está influenciada por los fenómenos de transferencia de masa, que controlan movimiento de especies químicas hacia la superficie del electrodo. En este contexto, el objetivo de la investigación propone estudiar la eficiencia faradaica en la generación del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) por medio del aumento del coeficiente de transferencia de masa de un reactor electroquímico de lecho empacado, así como la degradación de un contaminante midiendo la eficiencia de mineralización por medio del estudio de efecto del flujo volumétrico, la densidad de corriente, composición del electrolito y la morfología del lecho en un reactor electroquímico de lecho empacado.

2. METODOLOGÍA

Se realizaron pruebas de caracterización de la distribución del tiempo de residencia (DTR) y determinación de oxigeno disuelto a diferentes caudales (8, 14, 16 y 18 L min^{-1}), en un reactor electroquímico de lecho empacado a escala piloto. Posteriormente para la caracterización de transporte de masa se implementó la técnica de la corriente límite utilizando la reacción reversible del ferricianuro y ferrocianuro y se determinó mediante la siguiente ecuación [2]:

$$k_m = \frac{I_{lim}}{nFA_aC_b}$$

Dichas pruebas experimentales, se realizaron evaluando la presencia y la ausencia del Venturi en el sistema experimental.

3. RESULTADOS

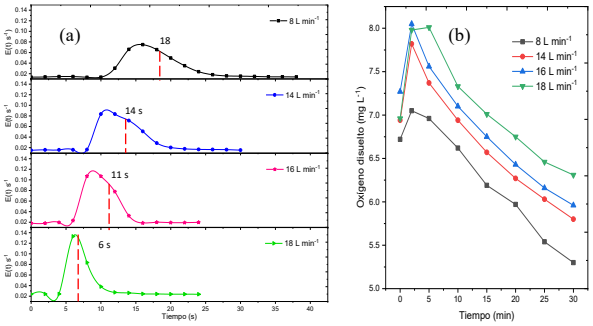


Figura 1. (a) Determinación de la DTR mediante el método de inyección por pulso, (b) determinación de oxígeno disuelto.

La Figura 1(a) muestra que, al aumentar el caudal, el tiempo de residencia disminuye de 18 a 6 s, indicando un paso más rápido del fluido. En la Figura 1(b), se muestra que el oxígeno disuelto aumenta y luego disminuye gradualmente, evidenciando la influencia del caudal en la disponibilidad de oxígeno del reactor.

4. CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que la transferencia de masa en el reactor electroquímico de lecho empacado depende de la interacción entre la hidrodinámica y las condiciones de operación, aportando criterios para la optimización y el diseño de reactores a escala piloto.

5. REFERENCIAS

[1] E. Brillas, I. Sirés, MA. Oturan, *Chemical Reviews*, **109**, 6570, (2009).

[2] M. Gilbert-Vilas., Y. Pechaud., A. Kherbeche., N. Oturan., L., Gautron., M.A. Oturan & C. Trellu., *Chemical Engineering Journal,* **500**, 157059, (2024).

Proceso de absorción de la anilina en membranas de intercambio iónico y cómo se puede aprovechar para electromodificarlas

Presentación **Oral**

A. Montes-Rojas*, O. E. Cárdenas González, L. M. Torres Rodríguez
Laboratorio de Electroquímica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Dr. Manuel Nava No. 6, Zona Universitaria, San Luis Potosí, S. L. P., CP. 78210
E-mail: antonio.montes@uaslp.mx

1. INTRODUCCIÓN

La presencia de polianilina (PAni) en membranas de intercambio iónico (MII) comerciales puede afectar sensiblemente sus propiedades de selectividad [1]. Este efecto se encuentra relacionado a las propiedades de los depósitos de PAni, por lo que en un intento por controlarlas de manera rigurosa, se ha propuesto implementar metodologías electroquímicas de preparación del polímero utilizando como soporte a un electrodo de pasta de carbono [2]. En este trabajo se utiliza la absorción de anilina en muestras de una membrana de intercambio aniónico (AFX) y otra catiónica (CMX) para modificar sus propiedades de transporte a través de la electrosíntesis de PAni. Posteriormente se obtuvieron diferentes parámetros para caracterizar la cantidad de PAni en las muestras.

2. METODOLOGÍA

La absorción de anilina en las muestras de los dos tipos de membranas, se llevó a cabo sumergiéndolas en una solución de anilina en medio acido durante 24 h. Estas muestras se enjuagaron para adherirlas sobre un soporte de pasta de carbono, el cual constituyo así al electrodo de trabajo en un montaje de tres electrodos. La obtención de la PAni se realizó por voltamperometría cíclica en solución de ácido sulfúrico. Posteriormente se obtuvieron los patrones de absorción UV-Vis, $\%H_2O$, flujo molar de vapor de agua y el índice de porosidad para caracterizar las modificaciones de cada tipo de muestras.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se observa que los patrones de absorción UV-Vis, de las soluciones de anilina utilizadas para la absorción de anilina por cada tipo de membrana, presentan diferencias entre 220 y 270 nm. Estas diferencias revelan distintas cantidades de anilina absorbida en las muestras de membrana, las cuales a su vez reflejan interacciones particulares entre los grupos fijos de la membrana con la especie predominante de anilina en la solución ácida, catión anilinium [3].

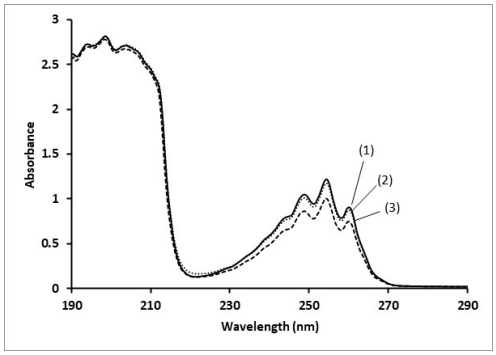


Figura 1. Patrones de absorción UV-Vis para soluciones de anilina en ácido sulfúrico 1 M (1, ––) fresca y las utilizadas para almacenar a las muestras de membrana (2, •••) AFX y (3, •••) CMX.

Por ejemplo, las cargas fijas positivas en las membranas AFX repelen a los iones anilinium, por lo que se tiene una menor absorción en ella. Según esto, se encontró que la absorción de catión anilinium sigue el orden CMX > AFX.

4. CONCLUSIONES

La absorción de anilina (ion anilinium) en las muestras de cada tipo MII, y por consiguiente la cantidad disponible para su electropolimerización, es dependiente de las interacciones con los grupos fijos presentes en ellas.

5. REFERENCIAS

[1] A. Montes-Rojas, J. A. Q. Rentería, N. B. J. Chávez, J. G. Ávila-Rodríguez, B. Yáñez Soto, *RSC Adv.*, **7**, 25208, (2017).
[2] A. Montes-Rojas, Y. O. Maldonado, L. M. T. Rodríguez, *J. Membr. Sci.*, **300**, 2, (2007).
[3] T. Osaka, T. Nakajima, K. Naoi, B. B. Owens, *J. Electrochem. Soc.*, **137**, 2139, (1990).

Remoción electroquímica de índigo y tintas industriales en aguas residuales

Presentación Oral

U.T. Buchan Linares[1], M.E. Escamilla Rodríguez[1], M. Velázquez Manzanarez[2], L.G. Hernández Maya[3,4], V. Garibay Febles[3], A.I. Avelino Jiménez[3], L.G. Díaz Barriga Arceo[4], A.G. Hoyos Galván[5], Ch.D. Hernández Reyes[1], J.A. Mendoza Pérez[1]*

[1]Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Campus Zacatenco., Av. Wilfrido Massieu 399, Nueva Industrial Vallejo, Gustavo A. Madero, 07738, Ciudad de México, CDMX

[2]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo Coah., México

[3]Instituto Mexicano del Petróleo. Eje Central Lázaro Cárdenas 152, Ciudad de México 07730, México.

[4]Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Av. Luis Enrique Erro S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco, Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México, CDMX.

[5]Instituto Tecnológico de Matamoros. Carr. Lauro Villar K.M. 6.5 87490 Heroica Matamoros, Matamoros, Tamaulipas, México.

*E-mail: jmendozap@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales de procesos textiles, teñido, lavado de prendas e impresión/conversión de empaques contienen índigo, tintas, resinas, sólidos finos y materia orgánica de baja biodegradabilidad. Estos contaminantes incrementan color, DQO y DBO_5, reducen la penetración de luz y dificultan tratamientos biológicos convencionales. La electrocoagulación (EC) es una alternativa compacta porque la disolución anódica de Aluminio (Al) genera especies coagulantes e hidróxidos capaces de neutralizar cargas, adsorber colorantes y formar flóculos; adicionalmente, la formación de H_2 favorece la flotación de sólidos [1-3]. Este trabajo evalúa la remoción electroquímica de colorantes y tintas en dos corrientes industriales reales: Modelos Yasiro y TekniPlex.

2. METODOLOGÍA

Se utilizaron muestras de agua residual pretratada en un volumen de 1 L en vasos de vidrio, con ánodo y cátodo de aluminio conectados a una fuente Wanptek DC Power Supply. Cada electrodo midió 20 x 1 x 0.3 cm; de la longitud total sobresalió 1.2 cm, por lo que el área total efectiva fue de 98.4 cm^2, utilizando rangos de voltaje de 10 – 20 V y 0.83 – 2 A, equivalentes a j=0.017 – 0.041 A/cm^2.

3. RESULTADOS

El uso de EC promovió la desestabilización del índigo y separación de la fase rica en pigmento. La mejor ruta redujo la DQO en una eficiencia arriba del 90 %. Las densidades de 0.017 – 0.047 A/cm^2 sustenta el escalamiento teórico de los electrodos. Estos resultados se observan en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones de experimentación, DQO de entrada y salida.

Muestra	Condiciones	DQO Afluente (mg/L)	DQO Efluente (mg/L)
TekniPlex 1	1 L; 15 V, 1.3 A; 15 min.	>1,000	47.3
Yasiro	1 L; 15 V, 1.3 A; 15 min.	>1,000	25.7

4. CONCLUSIONES

El tren integrado mostró desempeño robusto para aguas con colorantes y tintas de composición distinta. En Yasiro, la EC redujo carga orgánica, sólidos y color; en TekniPlex, el uso de coagulante, EC y carbón activado produjo un efluente de baja carga residual, sin toxicidad aguda ni contaminación microbiológica detectable. Los resultados respaldan ell escalamiento modular, condicionado al control de pH, densidad de corriente, consumo energético, rugosidad de electrodos, generación de lodos y etapa de separación sólido-liquido.

5. REFERENCIAS

[1] M.Y.A. Mollah, R. Schennach, J.R. Parga, D.L Cocke, Journal of Hazardous Materials, 84, 29, (2001)

[2] M. Kobya, O.T. Can, M. Bayramoglu, Journal o Hazardous Materials, 100, 163, (2003).

[3] S. Garcia-Segura, M.M.S.G. Eiband, J.V. de Mel C.A. Martinez-Huitle, Journal of Electroanalytic Chemistry, 801, 267, (2017).

[4] E. Brillas, C.A. Martinez-Huitle, Applied Catalys B: Environmental, 166–167, 603, (2015).

Estudio de la sorción del colorante verde brillante utilizando tereftalato de polietileno en un reactor galvánico

Presentación **Oral**
L.A. Bernal-Martínez[1*], V. Lugo-Lugo[2], R. Sánchez-Orozco[1],
J. J. García Sánchez[1], C. M. Cruz-Segundo[3]
[1]División de Ingeniería Química, Tecnológico Nacional de México (TecNM): Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Jocotitlán, Estado de México, CP 50700, Méx.
[2]Departamento de Ciencias Ambientales, Div. de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-Lerma, Lerma de Villada, Estado de México, CP 52005, Méx.
[3]Departamento de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Morelia 58030, Méx.
E-mail: *lina.bernal@tesjo.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Existen diez mil pigmentos y colorantes sintéticos que son usados en la industria textil, principal fuente emisora de colorantes, debido a esta situación el deterioro de la calidad del agua tiene efectos negativos para el medio ambiente, la salud y la economía global. En algunos estudios han aplicado materiales bioadsorbentes provenientes de concha de ostras, así como el PET modificado en la remoción de azul de metileno en disoluciones acuosas [1,2]. Por tal motivo es de suma importancia evaluar las condiciones del proceso sorción del colorante verde brillante utilizando un sistema con partículas de tereftalato de polietileno y placas de cobre en un reactor galvánico.

2. METODOLOGÍA

El reactor galvánico (RG) de vidrio, tiene una capacidad de volumen de 500 mL, en el cual se le adicionaron las partículas de tamaño de 2.38 mm de Tereftalato de Polietileno (PET) así como las placas de cobre de 1 cm^2. El diseño experimental consistió en adicionar 6 g de PET en 250 ml de solución del verde brillante a una concentración de 0.01 g/ml a temperatura de 18°C, con agitación constante a 1200 rpm durante 36 h continuas, se evaluaron los parámetros; valor de pH, conductividad eléctrica, solidos disueltos totales y DQO para obtener los datos del estudio cinético, así como las condiciones de operación del sistema, una vez que se obtuvieron los datos cinéticos se procedió a realizar la caracterización del PET y placas de cobre previo y después del contacto, evaluando mediante espectroscopia infrarroja de la trasformada de Fourier (FT-IR), difracción de rayos X (DRX) y microscopia electrónica de barrido (MEB).

3. RESULTADOS

En el reactor galvánico el valor de pH final fue de 2.8, la temperatura de 18°-20 °C, los datos del total de solidos disueltos (TDS) al final fue de 2420 (ppm). En la Figura 1, se presenta las micrografías previo y posterior al contacto y en la Tabla 1, los valores obtenidos durante el estudio de la sorción del colorante verde brillante utilizando PET.

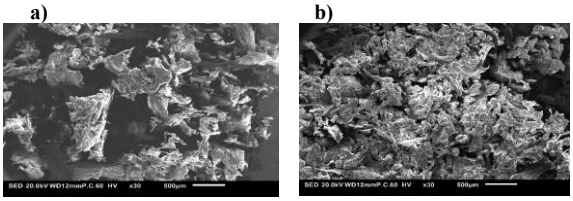


Figura 1. Micrografías del PET 30x; a) previo al contacto, b) posterior del contacto.

Tabla 1. Datos cinéticos

Orden de cinética	Coeficiente de determinación	Constantes
Pseudo 1er Orden	R2 = 0.6064	K_1= 0.001204
Pseudo 2 do Orden	R2 = 0.994	K_2=0.1917

CONCLUSIONES

Se logro el 58% de remoción del colorante verde brillante en el reactor galvánico, siendo una alternativa de un sistema de tratamiento (reactor galvánico) de agua residual.

4. REFERENCIAS

[1] M. Zhao, Y. Zeng, X. Zhang, H. Liang, *ChemElectroChem*., (2024).
[2] A. G. Alcalá-Delgado, V. Lugo-Lugo, I. Linares-Hernández, V. Martínez-Miranda, R. M. Fuentes-Rivas, F. Ureña-Nuñez, *Journal of Water Process Engineering*, vol., 22, p. 1-12, (2018).

Estimulación eléctrica exógena para la germinación de semillas nativas de una comunidad indígena otomí del norte del Estado de México

Presentación **Oral**

E. Gutiérrez Bonilla[1*], G. Roa Morales[1], P. Balderas Hernández[1], C. E. Barrera Díaz[1]

[1]Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM. Carretera Toluca-Atlacomulco, km 14.5, Unidad San Cayetano, Toluca, Estado de México, C. P. 50200, México.

E-mail: elgutierrezb@uaemex.mx

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico e industrial coadyuva en los efectos negativos al ambiente, específicamente en el suelo agrícola por el uso de fertilizantes químicos; ya que, se tiene una sobreexplotación para satisfacer las necesidades básicas de alimentación, provocando la degradación de su fertilidad; además, de afectar a los suelos y semillas de comunidades originarias que se utilizan para autoconsumo. Por lo que, se deben utilizar técnicas como el electro-cultivo que permitan la producción de cereales y/o alimentos sin perjudicar los sistemas alimentarios [1]. En este contexto, el objetivo del proyecto es aplicar campos eléctricos de baja intensidad utilizando electrodos de titanio/platino para la germinación de semillas nativas de maíz.

2. METODOLOGÍA

Se utilizaron semillas de maíz Palomero Toluqueño, *Tolonqui* en otomí, que fueron recolectadas y donadas por un productor agrícola de la comunidad indígena otomí de San Marcos Tlazalpan, ubicada en el municipio de Morelos, Estado de México. Las muestras de suelo agrícola se recolectaron de una parcela de cultivo convencional de uso comunal de acuerdo con la norma mexicana; el cual, fue caracterizado fisicoquímicamente antes y después del tratamiento eléctrico. La estimulación se realizó durante 3 h con un campo eléctrico de 0.2 V/cm utilizando una fuente de alimentación de corriente continua y electrodos de malla de titanio recubiertos de platino. Todas las pruebas se realizaron con dos réplicas en condiciones ambientales de laboratorio. En cada ensayo se emplearon 500 g de suelo distribuidos uniformemente en las celdas de cultivo con 20 semillas de maíz nativo y humedad entre 40 y 50%.

3. RESULTADOS

El uso del electro-cultivo con sistemas de electrodos de TiIPt en ánodo y cátodo mostró mejoramiento de la germinación al segundo día con un 25% más con respecto al testigo (Tabla 1). Lo cual, es principalmente a la electro-migración de los macronutrientes presentes en el suelo [2] y a la permeabilización de la membrana de las semillas que permite acelerar la germinación.

Tabla 1. Porcentaje de germinación de semillas con tratamiento eléctrico de 0.2 V/cm y del control.

Día de germinación	Semillas germinadas (%)	
	Control	Tratamiento (0.2 V/cm)
1	5.0± 0.0	22.5±2.5
2	35.0±5.0	60.0±10.0
3	47.5±2.5	10.0±2.5
4	7.5±2.0	0.00±0.0
5	0±0.0	2.5±2.5
6	0.0±.0	0±0.0
NG*	5.0±.5.0	5.0±5.0

*NG=Semillas no germinadas

4. CONCLUSIONES

La aplicación de la estimulación eléctrica a semillas nativas tiene varias respuestas en estas y en el suelo que permitió mejorar y acelerar la germinación. Sin embargo, los mecanismos precisos de estos efectos requieren mayores estudios en los que se están trabajando para ampliar la comprensión de la interacción entre los campos eléctricos exógenos y la fisiología vegetal que opera en conjunto con el sustrato utilizado.

5. REFERENCIAS

[1] H. Ma, L. Wang, H. Ke, W. Zhou, C. Jiang, M. Jian F. Zhan, and T. Li, *Scientia Horticulturae*, **329**, 11299 (2024).

[2] G. Acosta-Santoyo, S. Solís, G. Hernández-Silva, Cárdenas, Z. Plank, and E. Bustos, *Journal of Hazardo Materials,* **488**, 371, (2019).

Germinación de cempasúchil en condiciones de hidroponía asistida con electroestimulación.

Presentación **Oral**

A. G. Gutiérrez Maldonado[1], J. A. Reyes Pérez[2*], G. Roa Morales[2], P. Balderas Hernádez [2].

[1]Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Carretera Toluca-Ixtlahuaca Km 15.5, Campus Universitario "El Cerrillo", El Cerrillo Piedras Blancas. Toluca, Estado de México, C.P. 50295. Tel (722) 4811600.

[2]Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable. Carretera Toluca-Atlacomulco Km 14.5, Unidad San Cayetano, Toluca, Estado de México, 50200. Tel. (722) 2766610.

*E-mail: jareyespe4346@uaemex.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de cultivo hidropónico permiten que las plantas crezcan sin necesidad de productos químicos pues las raíces se encuentran suspendidas en agua rica en nutrientes, además dan la posibilidad de cultivar alimentos en lugares donde el sistema tradicional no es viable o rentable. Varias investigaciones reportan que en el sistema hidropónico se pueden lograr rendimientos entre un 20 y un 25 % mayores que un sistema basado en suelo, con una productividad entre 2 y 5 veces mayor [1].

En la presente investigación se propone implementar la estimulación eléctrica a un sistema hidropónico para evaluar las posibles mejoras en la germinación y crecimiento del cempasúchil, así como sus efectos en el metabolismo de las plantas, efectos que han sido reportados para otros cultivos como *Lactuca sativa* [2].

2. METODOLOGÍA

Se utilizaron semillas comerciales de *Tagetes erecta* L. (cempasúchil), electrodos de Cu de 10 × 2 cm, una fuente de poder marca NICE-POWER, Mod. R-SPS3010 con una solución nutritiva Hoagland al 10 %. Para evaluar el efecto de la electroestimulación se establecieron dos tratamientos: control (sin electroestimulación) y prueba (con electroestimulación). Las condiciones de trabajo fueron: intensidad de campo eléctrico de 0.2 V/cm durante 3 h mediante un arreglo de electrodos cara a cara con una distancia entre ellos de 15 cm. El tratamiento control se realizó bajo las mismas condiciones sin la aplicación del estímulo.

3. RESULTADOS

Las semillas que se sembraron tuvieron un promedio de peso de 6.69 ± 1.8 g. El tratamiento control tuvo un tiempo promedio de germinación de 15 días mientras que en los tratamientos de prueba las primeras semillas germinaron 72 h después la electroestimulación, en la Tabla 1 se observa el crecimiento relativo (CR) durante la emergencia de los cotiledones antes de la aparición de las primeras hojas verdaderas de los tratamiento y su réplica versus el control donde la emergencia aún no ocurría.

Se determinaron pigmentos fotosintéticos y polifenoles totales para evaluar si existieron diferencias metabólicas entre las pruebas y el control.

Tabla 1. CR de la emergencia durante los primeros 8 días después de la electroestimulación.

Tratamiento	Control	Prueba 1	Prueba 2
CR (cm*día^{-1})	0.0	0.53	0.57

4. CONCLUSIONES

Los resultados muestran un efecto positivo en la germinación de las semillas electroestimuladas con respecto al control, debido a que los campos eléctricos aplicados influyen en el pH intracelular activando procesos de transporte, modificando procesos metabólicos como la fotosíntesis, el intercambio gaseoso y la captación de minerales.

5. REFERENCIAS

[1] R. Gashgari, K. Alharbi, K. Mughrbil, A Jan and A. Glolam. *Proceedings of the 4th World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering (MCM'18)*, 7 pág. España (2018).

[2] S. Lee, M.-M. Oh. *Bioelectrochemistry*, **135**, pág (2020).

Obtención de bioetanol a partir de biomasa microalgal por hidrólisis y métodos químicos .

Presentación **Oral**

S. Morales Luna[1], P. Balderas Hernández[1], G. Roa Morales[1*]

[1]Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable. Carretera Toluca-Atlacomulco Km 14.5, Unidad San Cayetano, Toluca, Estado de México, 50200. Tel. (722) 2766610.

E-mail: smoralesl002@alumno.uaemex.mx

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica es uno de los principales problemas ambientales debido a la sobre explotación de combustibles fósiles [1]. Diversos estudios han buscado alternativas que ayuden a mitigar la contaminación atmosférica mediante la producción de biocombustibles de tercera generación [2].

Las microalgas son un grupo diversificado de microorganismos unicelulares, mismos que al estar en medio acuoso contienen una elevada relación entre la superficie y el volumen, característica que permite absorber la mayor cantidad de CO_2 y nutrientes, convirtiendo la energía por medio de fotosíntesis en biomasa microalgal [3] [4].

A continuación, se presenta un estudio que tiene por objetivo obtener la biomasa por electrocoagulación y eletroflotación permitiendo evaluar de manera integral la viabilidad técnica, económica y ambiental.

2. METODOLOGÍA

Inicialmente se realizó la caracterización fisicoquímica del agua, identificándose la presencia de nutrientes y materia orgánica favorables para el desarrollo del cultivo.

Posteriormente, se prepararon tratamientos con medio Hoagland, realizando un escalamiento progresivo del cultivo. La biomasa obtenida fue sometida a procesos de electrocoagulación con par de electrodos de aluminio (15 cm x 2.5 cm) y electroflotación con par de electrodos de grafito (15 cm x 1 cm) para evaluar su recuperación.

3. RESULTADOS

En la Tabla 1. se presenta el proceso de electrocoagulación, alcanzando eficiencias de remoción de biomasa de hasta 86.9%, mientras que la electroflotación mostró menor eficiencia bajo las condiciones evaluadas (46.7%).

Tabla 1. Condiciones experimentales y % de eficiencia de EC y ECF

Parámetros	Valor	
Material de electrodos	Aluminio	Grafito
Tiempo de operación	30 min	30 min
Medio tratado	T. al 15%	T. al 10%
Corriente	0.173 A	0.219 A
Voltaje	26.61 V	26.81 V
Potencia	4.59 W	5.85 W
Eficiencia	86.9 %	46.7%

4. CONCLUSIONES

La electrocoagulación con electrodos de alumin permitió la recuperación y separación de bioma microalgal mediante la formación de flóculos sedimentación celular presentando una eficiencia remoción de biomasa de hasta 86.9%, determina mediante la disminución de la densidad óptica.

5. REFERENCIAS

[1] J.A., Hilbert, *Estado actual y desarrollo potencial los biocombustibles de bajas emisiones Latinoamérica. Estudio y análisis de la situación actu y futura de los combustibles de baja huella de carbo en América Latina y el Caribe*, (2025).

[2] M. C. A., Orozco, O. E. S., Reyes & L. V., Patiñ *Perspectivas industriales en tecnologías de biofijacic de CO_2 por microalgas. Documentos De Traba ECAPMA, 4(1),* (2020).

[3] J.Velázquez, R.Rodríguez, L.Colla, A.Gallindo, Cervantes, et al. (2018). *Microalgal bioma pretreatment for bioethanol production: a revie Biofuel Research Journal, 17, 780 791*, (2018).

[4] H. Chowdhury, B. Loganathan, I. Loganathan, Alam & S Mobin, *Algae for biofuels: The thi generation of feedstock. In Basile A. y Dalena F., (Eds Second and Third Generation of Feedstocks - T Evolution of Biofuels (Chap 12, pp. 323-344). Elsevi Inc,* (2019).

Desempeño de aleaciones de media entropía (CuFeMoNi) en la reducción electrocatalítica de benzaldehído

Presentación **Oral**

U. Cárdenas-Rojas[1], S. E. Rodil-Posada[1], B. A. Frontana-Uribe[2*]
[1]Instituto de Investigaciones en Materiales UNAM
[2]Instituto de Química UNAM
E-mail: cardenasru@pceim.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo aborda la sustitución de catalizadores basados en metales nobles y del grupo del platino en reacciones de reducción de moléculas orgánicas. Con el objetivo de desarrollar una alternativa más sostenible, se propone el empleo de metales de transición abundantes —como Cu, Fe, Mo y Ni—, no de forma individual, sino integrados en aleaciones complejas y quasi equimolares que exhiban el denominado "efecto cóctel" [1]. Dicho efecto surge de las interacciones sinérgicas entre los orbitales d de átomos vecinos, un fenómeno característico de las aleaciones de alta entropía [2]. En este contexto, las aleaciones de alta y media entropía, y más en general las aleaciones multiprincipales (MPEAs), se presentan como un vasto territorio aún inexplorado en el diseño de catalizadores heterogéneos [3].

2. METODOLOGÍA

Se desarrollaron películas delgadas de la aleación de media entropía CuFeMoNi mediante *magnetron sputtering* usando un blanco multielemental. Los depósitos se realizaron sobre sustratos de vidrio. Posteriormente, se caracterizaron los electrodos fabricados mediante voltamperometría cíclica y voltametría lineal en pH neutro K_2SO_4 0.3 M con concentraciones de benzaldehído de 10 a 100 mM. Se usó una celda electroquímica de tres electrodos de 5 mL de capacidad con el electrodo de Ag/AgCl KCl sat. como electrodo de referencia y alambre de platino como contraelectrodo.

3. RESULTADOS

Se sintetizaron cuatro aleaciones de CuFeMoNi con diferentes entropías configuracionales (M1: 1.37, M2: 1.26, M3: 1.33 y M4: 1.38 ΔS/R). Se realizaron curvas de polarización por voltamperometría lineal (LSV) para evaluar su actividad electrocatalítica frente a la reducción de benzaldehído. En la Figura 1 se presentan los barridos de las cuatro aleaciones. Como se observa en dicha figura, todas las aleaciones logran reducir el benzaldehído en un rango de potencial muy anterior al inicio de la HER (0.1 V vs RHE).

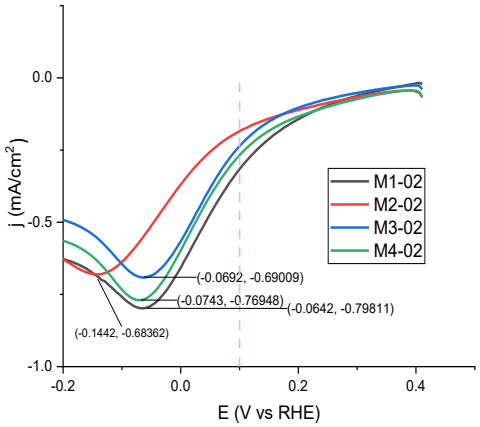


Figura 1. Curva de polarización LSV de las cuatro aleaciones en K_2SO_4 0.3 M en presencia de 60 mM de benzaldehído. 50 mV/s en sentido catódico. Se observa el potencial de pico alrededor de 0.07 V vs RHE.

4. CONCLUSIONES

Se observó que al aumentar la entropía configuracional de las aleaciones disminuía el sobrepotencial para la reducción de benzaldehído. Esto muestra una forma posible de regular la actividad catalítica mediante la modulación de la composición.

5. REFERENCIAS

[1] X. Li and X. Meng, *International Journal of Hydrogen Energy*, **82**, 1471, (2024).
[2] V. Lokhande, D. Malavekar, C. Kim, A. Vinu, and T. Ji, *Energy Storage Materials*, **72**, 103718, (2024).
[3] T. Löffler, A. Ludwig, J. Rossmeisl, and W. Schuhmann, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **60**, 26894, (2021).

Migración de nutrientes en un suelo agrícola al aplicar un campo eléctrico

Presentación **Oral**

M. Andrade Romero[1*], G. Roa Morales[1], E. Gutiérrez Bonilla[1]

[1]Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México, Av. Paseo Colón y Paseo Tollocan, C.P. 50120, Toluca, Estado de México, México, Tel: 722-2175109

E-mail: mandrader.00@outlook.com

1. INTRODUCCIÓN

La electro-migración de nutrientes consiste en el desplazamiento de nutrimentos disponibles en el suelo debido a la aplicación de corrientes eléctricas y/o voltaje, el fenómeno está influenciado por propiedades del suelo como: su textura, su conductividad eléctrica, además de las propiedades de los electrodos y las condiciones del proceso (voltaje y amperaje utilizado, tiempo de aplicación, entre otras). Al producirse la migración se espera que las partículas con cargas sean atraídas al electrodo de carga opuesta a la suya, y por tanto se concentren en zonas aledañas a los electrodos de modo que las plantas las aprovechen con mayor facilidad [1, 2]. En este trabajo se determinó el contenido de macronutrientes en muestras de suelo sometido a campos eléctricos.

METODOLOGÍA

El sistema consistió en una celda plástica rectangular con dos electrodos de grafito con un arreglo cara a cara, se colocó una cantidad conocida de suelo, el cual primeramente fue saturado con agua, una vez logrado esto, se sobresaturo con 70 mL de la misma agua, después se realizaron 6 perforaciones en el suelo, en tres zonas: cerca del electrodo positivo (P1), cerca del electrodo negativo (P3) y a una distancia media entre ambos electrodos (P2). El suelo fue sometido a campos eléctricos de 0.4 V/cm generados por una fuente de alimentación eléctrica (RIDEN RD6018), las concentraciones de los nutrientes se midieron a un tiempo de 0 min y a 6 horas tomando una muestra de líquido, las cuales se sometieron a baño ultrasónico por 10 minutos, después se pasaron por un filtro de 0.45 µm, se diluyeron en una relación 1:10 y se cuantifico la cantidad de macronutrientes con un sistema de cromatografía iónica con un equipo de la marca Thermo Scientific DIONEX AQUION.

RESULTADOS

Los resultados (mg/L) se muestran en la tabla 1, se puede observar que el sodio presenta la tendencia más marcada de movilidad, pasando de 55.2 a 10.9 mg/L en el electrodo positivo y 1.3 a 78.2 mg/L en el negativo, respecto a los otros elementos existe una tendencia menos marcada, y demuestra cierto grado de movilidad. El magnesio, fue el único catión que no se detectó en la mayoría de los puntos, por lo que se deberá analizar nuevamente.

Tabla 1. Concentración de los elementos determinados en mg/L.

Zona	Elemento Tiempo	Sodio	Amonio	Calcio	Potasio
P1	0 min	55.2	10.0	69.2	5.6
	6 h	10.9	N/D	11.7	5.2
P2	0 min	46.4	N/D	19.6	6.7
	6 h	9.5	3.4	25.6	1.6
P3	0 min	1.3	3.8	25.8	1.1
	6 h	78.2	N/D	28.5	3.4

N/D: No Detectado

2. CONCLUSIONES

Las condiciones utilizadas mostraron la existencia de la movilidad de los nutrientes, sobre todo en el sodio, para visualizarla de forma adecuada en el resto de los elementos se podría optar por utilizar voltajes más altos y/o un tiempo de exposición mayor para asegurar que dicho fenómeno ocurra.

REFERENCIAS

[1] M. Forough, L. Mahmoud, K. Javad, T.A. Reza & S. A. Amir-abbas, *Advanced Crop Science,* **3**, 291, (2013).

[2] C. Morales, S. Solís, F. Bacame, M. Y. Reyes-Vidal, J. Manríquez & E. Bustos, *Applied Soil Ecology*, **161**, 103864, (2021).

Modelación de procesos electro-Fenton asistidos por campo magnético para la degradación de contaminantes orgánicos

Presentación **Oral**

E. A. Hernández-Rodríguez[1], J.J. Treviño-Reséndez[2], I. Robles[1], F.J. Rodríguez-Valadez[1], J.D. García-Espinoza[2], L.A. Godínez[2*]

[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S. C. (CIDETEQ), Pedro Escobedo, Querétaro, México.
[2]Centro de Investigación en Química para la Economía Circular (CIQEC), Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
E-mail: luis.godinez@uaq.mx

1. INTRODUCCIÓN

De entre los procesos electroquímicos avanzados de oxidación (EAOPs) el proceso electro-Fenton (EF), es una aproximación prometedora para eliminar contaminantes persistentes mediante la generación de especies reactivas de oxígeno (ERO), principalmente radicales hidroxilo (•OH) e hidroperoxilo (HO_2•). La eficiencia del EF depende de la producción electroquímica de H_2O_2 y del ciclo redox Fe^{2+}/Fe^{3+}, donde la magnetita actúa como fuente y catalizador recuperable [1]. Los campos magnéticos constituyen una variable de operación poco explorada, ya que pueden modificar el transporte de masa, la liberación de hierro y la dinámica de recombinación de pares radicalarios, influyendo en la formación y estabilidad de las ERO [2]. Sin embargo, aún no existe un marco cinético validado que relacione la intensidad del campo magnético con estos fenómenos. Este estudio desarrolla un modelo cinético para explicar estos efectos, aportando una comprensión mecanística del papel de los campos magnéticos en la modulación de las reacciones de Fenton y su posible contribución a la estabilización de especies radicalarias.

2. METODOLOGÍA

Los experimentos EF asistidos por campo magnético se realizaron en una celda electroquímica de tres electrodos con fieltro de carbono y magnetita como fuente de hierro. Se evaluó la degradación de azul de metileno (AM) y sulfametoxazol con un potencial de −0.5 V *vs* Ag|AgCl durante 40 min, aplicando un campo magnético (B) de entre 0-150 G. La degradación se cuantificó por espectrofotometría UV-Vis y HPLC. Además, se desarrolló un modelo cinético basado en un sistema de seis ecuaciones diferenciales ordinarias que describe la evolución temporal de H_2O_2, Fe^{2+}, Fe^{3+}, radicales •OH y HO_2•, así como del AM.

3. RESULTADOS

En la **Figura 1** se puede apreciar la variación experimental y calculada (mediante el modelo de simulación expuesto en este trabajo), de la constante de velocidad de pseudo-primer orden de la decoloración del AM (contaminante modelo) como función del campo magnético aplicado.

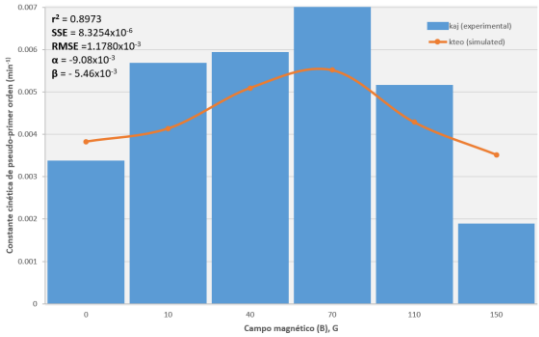


Figura 1. Constantes cinéticas experimentales y teóricas para la degradación de AM en función de B.

4. CONCLUSIONES

El estudio demostró que existe una intensidad óptima de campo magnético (70 G) que maximiza la generación de especies oxidantes y la degradación de contaminantes. El modelo cinético desarrollado relaciona cuantitativamente el campo magnético, la disponibilidad de hierro proveniente de la magnetita y la formación de ERO.

5. REFERENCIAS

[1] F. Deng, H. Olvera-Vargas, M. Zhou, I. Sirés, E. Brillas, *Chemical Reviews*, **123**, 4635, (2023).
[2] Z. Shi, R. Zhang, J. Zhang, *Environmental Science and Pollution Research*, **28**, 59834, (2021).

División 5

Electroquímica Ambiental (EAM)

Trabajos Carteles

Tratamiento electroquímico para la degradación de azul de metileno

Presentación **Poster**

J. Baxin-Cano[1], J. M. Rangel-Solaba[2], N. Gutiérrez-Casiano[1,2], E. Hernández-Aguilar[1,2], M. Peña-Juárez[3], L. A. Velázquez-Herrera[1,2*]

[1]Facultad de Ciencias Químicas - Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana.

[2]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana.

[3]Instituto Tecnológico de Orizaba - Tecnológico Nacional de México

E-mail: luisvelazquez@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación de cuerpos de agua por colorantes sintéticos es un problema ambiental creciente, puesto que altera el recurso hídrico y afecta los ecosistemas acuáticos, generando consecuencias ecológicas y sanitarias [1]. El azul de metileno, por su estructura química compleja y estable, dificulta la eliminación mediante procesos convencionales y favorece su permanencia en el agua [2].

Se han estudiado métodos para su remoción, como ultrafiltración, coagulación, sistemas híbridos, entre otros; sin embargo, presentan limitaciones de eficiencia y/o costos elevados [2]. En este contexto, los procesos electroquímicos se plantean como una alternativa viable y sostenible, que reduce el empleo de químicos al no usar agentes floculantes y, además, presentan menor costo operativo y tiempo de operación.

2. METODOLOGÍA

Se preparó una curva de calibración con una solución madre de azul de metileno a 5 ppm, cuya absorbancia fue determinada mediante espectrofotometría UV-Vis a 664 nm. Se construyó una celda electroquímica de 50 mL equipada con electrodos de cobre de 2 × 2 cm y una fuente de poder Keatronic. La validación inicial se realizó con multímetro digital, verificando estabilidad operativa y la adecuada transferencia de energía.

Se aplicó un diseño factorial 2k en Minitab, evaluando potencial eléctrico (15-30 V), conductividad (2500-5000 µS/cm) y tiempo de operación (30-60 min), con una réplica para determinar el error experimental. Posteriormente se validaron condiciones fijas (15-30 V, 2500 µS/cm, 60 min), con muestreos cada 10 min y análisis espectrofotométrico. Los datos se ajustaron a un modelo cinético de primer orden, obteniendo la constante de degradación y caracterizando el desempeño del sistema.

3. RESULTADOS

El tratamiento electroquímico degradó 90% de azul de metileno a 2500 µS/cm, 15 V y 60 min de tiempo de residencia, condiciones elegidas por su eficiencia energética y menor desgaste anódico. Este valor supera en 11% lo reportado por Ordaya Condor & Rodríguez Iparraguirre (2012), quienes lograron 79% a 25 ppm iniciales [3]. El análisis estadístico mostró que la conductividad y el tiempo fueron los factores más influyentes ($p < 0.001$), mientras que el potencial no fue relevante ($p = 0.226$); las interacciones también resultaron significativas ($p < 0.05$). La cinética evidenció degradación rápida en 20 min, marcada decoloración a los 30 y desaceleración posterior, ajustándose a un modelo de primer orden con $R2 = 0.915$ y constante de velocidad $k = 0.03844$ min-1, con un desgaste mínimo de los electrodos.

4. CONCLUSIONES

El tratamiento electroquímico degradó 90% de azul de metileno, con cinética de primer orden. La oxidación indirecta rompió el anillo aromático, generando CO2 y H2O, reduciendo un contaminante persistente y fortaleciendo tratamientos sustentables.

5. REFERENCIAS

[1] B. Lellis, C. Z. Fávaro-Polonio, J. A. Pamphile, J. C. Polonio, *Biotechnology Research and Innovation*, **3**, 275-290, (2019).

[2] I. Khan, K. Saeed, I. Zekker, B. Zhang, A. H. Hendi, A. Ahmad, S. Ahmad, N. Zada, H. Ahmad, L. A. Shah, T. Shah, I. Khan, *Water*, **14**, 242, (2022).

[3] J. Á. Ordaya Cóndor, G. D. P. Rodríguez Iparraguirre, *Degradación del azul de metileno por método electroquímico evaluando la diferencia de potencial, pH y tipos de electrodos*, Perú, (2012).

Determinación del impacto de Cadmio y Plomo sobre *Spirodela intermedia* empleando escobillas de grafito como electrodo de trabajo.

Presentación **Poster**

S. J. Barrientos Alejo[1], M. Petri[2], L. Terraciano[2], S. Gutierrez Granados[1], M. G. Lagorio[2], V. Diz[2], G. A. González[2*]

[1]Universidad de Guanajuato.

[2]DQIAQF- INQUIMAE – FCEN – Universidad de Buenos Aires - CONICET.

E-mail: autorquienrecibelasnotificaciones@servidor.com.mx

1. INTRODUCCIÓN

Es sabido que los iones de metales pesados pueden causar graves daños a la salud y al medio ambiente, por lo que resulta crucial desarrollar métodos sencillos, sensibles, de bajo coste y adecuados para su detección e incluso recuperación debido a su alto potencial económico. Algunos de los metales clásicamente utilizados en estas industrias incluyen oro, plata, estaño, zinc, cobre, cadmio, cromo, níquel, platino y plomo y aún en los límites de vertido pueden impactar negativamente en el ambiente.

En este trabajo se usarán como modelos de contaminantes iones de plomo y cadmio a fin de evaluar su impacto sobre *Spirodela intermedia* (lenteja de agua).

2. METODOLOGÍA

En este trabajo se propone exponer a la lenteja de agua a diferentes soluciones los cationes de plomo y cadmio dentro de los límites permitidos de vertido en ambientes acuáticos. [1]

Las determinaciones electroquímicas se realizan empelando como electrodo de trabajo escobillas de grafito recubiertas en sus caras laterales de resina epoxi, como electrodo de referencia un electrodo comercial Ag/AgCl(sat) y como contraelectrodo una chapa de acero inoxidable.

El estudio del estrés oxidativo generado sobre las plantas se determina mediante la modificación en la actividad de la enzima AO (Ascorbato Oxidasa) en el extracto vegetal empleando voltametría cíclica.

A su vez se determina el metal adsorbido mediante el uso de voltametría lineal con etapa de acumulación previa y se contrastan con resultados por ICP como técnica analítica de referencia.

3. RESULTADOS

Por un lado, y a pesar de estar exponiendo a las plantas a concentraciones permitidas de vuelco se observa una notable disminución de la actividad de la enzima AO vinculada al estrés oxidativo respecto del control de plantas no expuestas. Ver Figura 1.

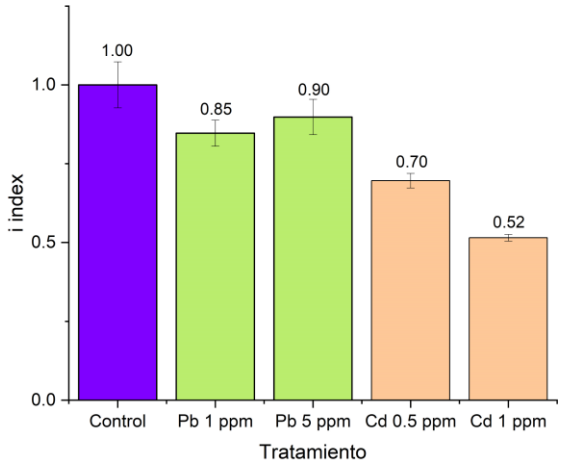


Figura 1: Índice para evaluar la actividad de la enzima AO

Respecto de la absorción de metales se ha determinado que las concentraciones remanentes luego de los tratamientos se hallaban en todos los casos por debajo del límite de detección.

4. CONCLUSIONES

Se ha demostrado el impacto potencial de cationes como plomo y cadmio sobre especies acuática aún dentro de los límites de vertido haciendo uso de técnicas electroquímicas y empelando un electrodo de trabajo construido a partir insumos de bajo costo como ser escobillas de grafito.

5. REFERENCIAS

[1] Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009 (https://share.google/WI6Dk2V1pBLzBKKqP)

Evaluación de la degradación de colorantes artificiales empleando un método combinado de nanopartículas de TiO_2 y foto-electroquímica

Presentación Poster

D. I. Peña Ocampo.[1], R. S Gines Palestino.[1], E. Hernández Aguilar.[1], N. Gutiérrez Casiano.[1], L.A. Sánchez Bazán.[1], L.A. Velázquez Herrera.[1]

[1]Facultad de Ciencias Químicas región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana.
Prolongación Ote. 6, 94340 Orizaba, Veracruz.
E-mail: luisvelazquez@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La industria textil genera entre el 17% y 20% de la contaminación industrial del agua por tintes sintéticos, muchos de ellos azoicos y altamente persistentes, que dañan la fotosíntesis y la vida acuática [1]. Se han desarrollado métodos físicos, químicos y biológicos, un ejemplo de ello son los procesos de oxidación avanzada (POA), lo cuales son eficaces, pero a menudo suelen ser insuficientes. El proceso fotoelectroquímico (PEC) aprovecha luz y potencial aplicado para mejorar la separación de cargas [2]. Una estrategia común en estos sistemas consiste en emplear un proceso electroquímico con electrodos de grafito, que pueden contribuir a la regeneración de especies oxidantes sin necesidad de agentes externos.

En este contexto, la investigación combina POA con un proceso PEC, utilizando nanopartículas de TiO_2 en fase anatasa como fotocatalizador, irradiación con luz UV y azul de metileno (AM) como colorante modelo para evaluar la eficiencia del sistema.

2. METODOLOGÍA.

Con el fin de analizar el efecto de las variables de operación con respecto al sistema, se utilizó un diseño factorial 2^3 y un análisis de varianza (ANOVA). Los factores evaluados fueron la potencia (V), la concentración de nanopartículas de TiO_2 y el tipo de fuente de iluminación (UV y visible). La Figura 1 muestra el esquema metodológico experimental utilizado para la degradación del colorante.

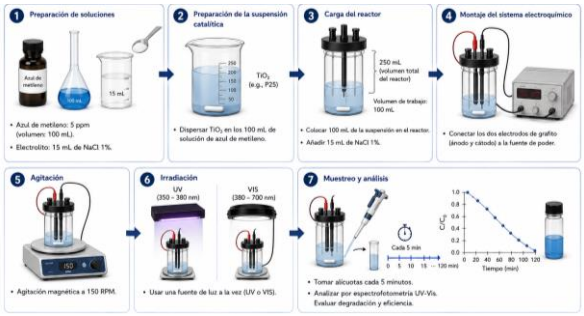


Figura 1. Procedimiento para la degradación de azul de metileno.

3. RESULTADOS

El modelo estadístico presentó una R^2=0.9944, evidenciando un excelente ajuste de los datos experimentales. Las mejores condiciones para la degradación de AM correspondieron a una potencia de 30 V, una carga de 0.4 g de nanopartículas de TiO_2 y el uso de radiación UV. La cinética con mayor eficiencia de degradación se presenta en la Figura 2.

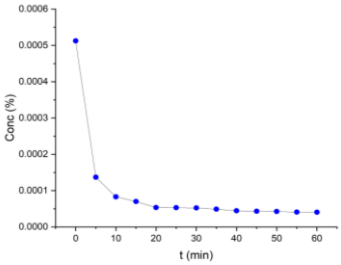


Figura 2. Cinética con las mejores condiciones de degradación.

4. CONCLUSIONES

Los resultados del ANOVA indican que el tipo de iluminación no presenta un efecto significativo sobre la variable de respuesta, sin embargo, tanto el potencial eléctrico aplicado como la concentración de nanopartículas de TiO_2 evidenciaron una contribución directa al desempeño del proceso.

5. REFERENCIAS

[1] K. G. Pavithra., K. P. Senthil., V. Jaikumar., & S.P. Rajan., *Removal of colorants from wastewater: A review on sources and treatment strategies.* Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 75, 1-19, 2019.

[2] O.V. Nkwachukwu., C. Muzenda., B.O. Ojo., B. N. Zwane., B. A. Koiki., B. O. Orimolade., D. Nkosi., N. Mabuba., & O. A. Arotiba., *PhotoElectrochemical degradation of organic pollutants on a La^3+ doped BiFe3 perovskite*. Catalysts, *11(9),* 1069, 2021.

Plataforma de Detección y Degradación Electroquímica de Anaranjado de Metilo

Presentación **Póster**

D.M. García Juárez[1], S.A. Amador Serratos[1], M. Galicia García[1]*, J. Torres Pérez[1]
[1]Universidad Autonóma de Ciudad Juárez, Instituto de Ciencias Biomédicas.
E-mail: al177262@alumnos.uacj.mx

1. INTRODUCCIÓN

El anaranjado de metilo (AM) es un colorante azoico ampliamente utilizado en la industria textil y en laboratorios de análisis, cuya persistencia en cuerpos de agua representa un riesgo ambiental y sanitario [1]. En este contexto, las técnicas electroquímicas representan una alternativa atractiva en la fabricación de sensor electroquímico, así como para la degradación de contaminantes orgánicos mediante plataformas nanoestructuradas, reproducibles, de bajo consumo energético y potencialmente aplicables al tratamiento de aguas [2,3].

2. METODOLOGÍA

La detección electroquímica de AM se realizó mediante voltamperometría cíclica (VC), utilizando un electrodo de carbono vítreo como electrodo de trabajo. La cuantificación se llevó a cabo mediante voltamperometría de onda cuadrada (VOC), evaluando la respuesta de corriente asociada a la concentración de AM para construir la curva de calibración y determinar los parámetros estadísticos: exactitud, precisión, reproducibilidad y estabilidad. Para la degradación del contaminante se implementó un proceso de electro-oxidación avanzada (EOA) en presencia de NaCl al 5%. El monitoreo de la degradación se realizó mediante espectrofotometría UV-Vis. Los datos experimentales fueron ajustados a modelos cinéticos de orden cero, primer orden, pseudo-primer orden y segundo orden.

3. RESULTADOS

La cuantificación por VOC empleando el electrodo de carbono vítreo (Fig.1) obtuvo un límite de detección (LOD) de 3.25 mg/L y un límite de cuantificación (LOQ) de 10.85 mg/L. La degradación del AM en NaCl al 5% presentó un mejor ajuste al modelo de pseudo-primer orden, descrito por la relación $\ln(C/C_0) = -k_{obs}t$. Se obtuvo una constante cinética aparente $k_{obs} = 0.1428\ min^{-1}$, con $R^2 = 0.9982$ y una vida media $t_{1/2} = 4.85$ min. Este comportamiento sugiere una ruta de oxidación indirecta mediante especies de cloro activo generadas

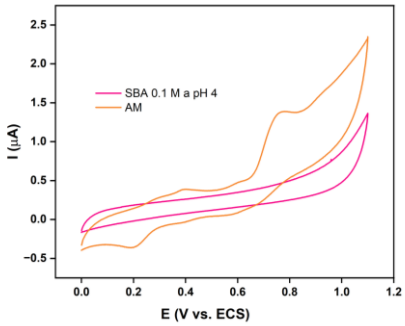


Figura 1. Voltamperograma cíclico de la detección de AM en SBA pH 4. ECV (ø = 4 mm)

4. CONCLUSIONES

El sensor y la plataforma electroquímica constituyen una alternativa viable tanto para la detección, como para la remoción de AM. El ajuste cinético indica que la degradación en NaCl al 5% ocurre principalmente por una ruta indirecta asociada a la generación de cloro activo *in situ*, constituyendo una perspectiva para la aplicación de tecnologías electroquímicas para el monitoreo y tratamiento de AM en aguas residuales.

5. REFERENCIAS

[1] Kishor, R., Purchase, D., Saratale, G. D., Romanholo Ferreira, L. F., Hussain, C. M., Mulla, S. I., & Bharagava, R. N. *Journal of Water Process Engineering*, **43**, 102300, (2021).
[2] Mohamed, A. M., Fouad, F. H., Raouf Fayek, G., El Sayed, K. M., Ahmed, M. N., Mahmoud, R. Z., & El Nashar, R. M. *Food Chemistry*, **435**, 137656, (2024).
[3] Goren, A. Y., Recepoğlu, Y. K., Edebali˙, Ö., Sahin, C., Genisoglu, M., & Okten, H. E. (2022). *ACS Omega*, **7**, 32640–32652, (2022).

Caracterización espectroscópica de compuestos intermediarios formados durante la Degradación Electroquímica de Naranja de Metilo

Presentación de **Poster**

A. Gonzalez Vasquez[1], G.A. Maldonado Bautista[2], E. Hernández Aguilar[1], J.A. Cobos Murcia[2], V.E. Reyes Cruz[2], , L.A. Velázquez Herrera[1*]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Oriente 6 No.1009, Colonia Rafael Alvarado, Orizaba, Veracruz, Mexico, C.P. 94340.

[2]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Area Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Carretera Pachuca-Tulancingo, Km 4.5 s/n, Mineral de la Reforma, Hidalgo, Mexico, C.P. 42184.

E-mail: luisvelazquez@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La degradación electroquímica de compuestos orgánicos genera especies intermedias cuya identificación permite comprender las transformaciones estructurales ocurridas durante el tratamiento [1]. Las técnicas UV-Vis y FTIR son herramientas útiles para el seguimiento de estos cambios y la identificación de grupos funcionales. En este trabajo se realizó la caracterización espectroscópica de los compuestos intermediarios formados durante la degradación electroquímica de naranja de metilo mediante análisis UV-Vis y FTIR.

2. METODOLOGÍA

El Naranja de Metilo fue tratado mediante electrooxidación utilizando un ánodo DSA (Ti/RuO_2) en Na_2SO_4 a pH 6. Las muestras obtenidas fueron analizadas por UV-Vis y FTIR para evaluar la degradación del colorante y los cambios en su estructura química, La metodología ase muestra en la Figura 1.

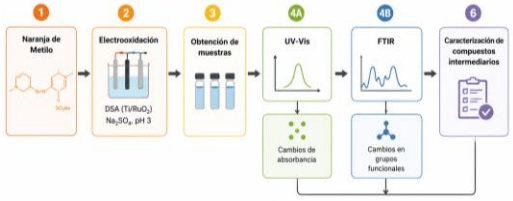


Figura 1. Metodología generañ

3. RESULTADOS

En la Figura 1 a) se observan una disminución progresiva en los espectros de absorción UV-Vis de la banda característica del naranja de metilo a 464 nm y la presencia de un punto isosbéstico alrededor de 390 nm, sugiriendo la formación de especies intermedias.

Por otra parte, en la Figura 1 b) el análisis FTIR evidenció desplazamientos y disminución de intensidad en bandas asociadas a estructuras aromáticas y grupos funcionales oxigenados (ver Figura 2). Los cambios observados indican modificaciones estructurales consistentes con la transformación del sistema cromóforo y la generación de compuestos de menor complejidad molecular.

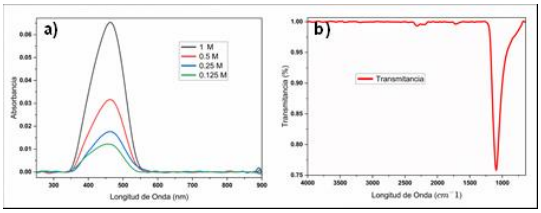


Figura 2. a)Análisis UV-Vis y b)FTIR.

Los hallazgos se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados espectroscópicos.

Muestra	λ max (nm)	Punto Isobestico	Banda FTIR (cm^{-1})
Inicial	464	-	1602
Intermedia	464	390	1120
Final	464	390	1050

4. CONCLUSIONES

Los análisis UV-Vis y FTIR confirmaron la transformación estructural del naranja de metilo durante la electrooxidación. Los cambios observados respaldan la ruptura del grupo azo y la formación de productos de degradación de menor complejidad estructural.

5. REFERENCIAS

[1] D. K. Sarfo, A. Kaur, D. L. Marshall, A. O'Mullane, *Chemosphere*, 316, 137821, (2023).

Síntesis y evaluación electroquímica del SnO_2 para la reacción de reducción de NOx (RRNOx)

Presentación **Poster**

E. Lopez-Narciso[1], M. Á. Soto-Mendoza[1], R. Gerardo-Sánchez[1], L. Juaréz-Marmolejo[1], A. Ezeta-Mejía[1*].

[1]Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Departamento de Metalurgia y Materiales. UPALM. Edificio 7, 07830, CDMX, México.

E-mail: aezetam@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los cuerpos de agua representan un papel vital en los sistemas de suministro de agua mundial sirviendo como agua potable, para riego y de uso industrial. Cuando estos se contaminan por (NO_3^-) se generan efectos negativos directos sobre la salud humana y las actividades agrícolas. Existen diferentes vías de contaminación, la vía puntual es la más común debido a que se relacionan con las fosas sépticas, las lagunas de decantación, la percolación de efluentes de aguas residuales y los desechos ganaderos. [1-2] Las fuentes de contaminación difusa están vinculadas a las escorrentías agrícolas de campos de cultivo intensivo donde los fertilizantes sintéticos basados en urea y nitratos de amonio sobrepasan la capacidad de absorción de las plantas y el suelo.[3]

La reducción electrocatalítica de nitratos emerge como un proceso prometedor para la eliminación de estos y la producción simultanea de amoniaco como especie de valor añadido.[4]

2. METODOLOGÍA

Se empleó una síntesis hidrotermal para la obtención de SnO_2. Se solubilizó en una mezcla de 40 mL de agua y etanol 3:1, cloruro estañoso dihidratado ($SnCl_2{\cdot}2H_2O$) y urea, se agito hasta obtener una solución semi traslucida a la cual posteriormente, se le agregó CTAB. Se vacío en un reactor de teflón y se metió a una autoclave a una temperatura de 150 °C. El material obtenido se filtró, lavó y secó a 60 °C para su almacenaje. La evaluación de la RRNOx se llevó a cabo empleando NaOH 0.5 M como electrolito soporte.

3. RESULTADOS

Por medio de MEB se observó que la morfología del SnO_2, es icosaédrica y con una distribución de tamaños uniforme predominando tamaños de 40 a 42 nm. El análisis por medio de DRX mostró las reflexiones principales del SnO_2 en (110), (101), (200), obteniendo por medio de la ecuación de Scherrer un tamaño promedio de cristal de 5 nm.

Se obtuvo el ECSA a través del ajuste lineal del modelo de Randles-Sevick a partir de la esfera externa, con un valor de 0.2187 cm^2. La evaluación electroquímica se realizó por VC en ausencia y presencia de nitratos. En ausencia de nitratos se evaluó la REH. En presencia de los nitratos se observaron cambios significativos en los procesos de adsorción y desorción de especies químicas reducidas reportando un valor de intensidad de corriente de -5.03 $mA{\cdot}cm^{-2}$. Es importante resaltar que en presencia de nitratos se observa un aumento en la corriente farádica y un cambio hacia valores más positivos en potencial, atribuidos al cambio de pH local en el electrolito.

4. CONCLUSIONES

La síntesis por vía hidrotermal permitió obtener un electrocatalizador de SnO_2 puro con morfología esférica y una distribución de tamaños homogénea. El material electrocatalítico presento buen desempeño hacia la RRNOx, obteniéndose una densidad de corriente de -5.03 $mA{\cdot}cm^{-2}$, y pendiente de Tafel de 201 $mV{\cdot}dec^{-1}$.

5. REFERENCIAS

[1] M.J. Al-Khafaji, A.A. Al-Suhaili, S.K. Al-Suhaili. *Hydrology*, **10**, 171, (2023).

[2] E. Lakshmanan, *Groundwater pollution: Sources, Mechanisms and Health Risks*, p.125, Academic Press, London, (2024).

[3]Wakida, F. T., & Lerner, D. N. (2005). Non-agricultural sources of groundwater nitrate: a review. Water and Environment Journal, 19(1), 11-16. https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2005.tb00544.x

[4] Y. Zhao, C.Qian, L. He, C. Liu, L. Wang, Y. Zhang, Y. Zhou. *Chemical Engineering Journal*, **485**, 149791, (2024).

Lixiviación ácida y electrólisis de cátodos de baterías de iones de litio para recuperación de metales de valor agregado

Presentación **Póster**

FDC. Montes Domínguez[1*], S. Gutiérrez Granados[1], JS. Jaime Ferrer[2], JA. Díaz Real[3]

[1] Departamento de Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato, Pueblito de Rocha s/n, Guanajuato 36040, México.

[2] CIATEC, A.C., Omega 201 León, Gto., 37545, México,

[3]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C, Parque Tecnológico Querétaro S/N, SanFandila, 76703, Pedro Escobedo, Querétaro, México.

E-mail: fdc.montesdominguez@ugto.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las baterías de iones litio (LIB) son recargables y ofrecen alta densidad de energía, siendo utilizadas en dispositivos electrónicos y vehículos eléctricos [1]. El reciclaje de estas baterías es clave debido a la demanda creciente de litio, cobalto y otros metales críticos para su fabricación. El reciclaje electroquímico se presenta como una alternativa innovadora que permite la recuperación selectiva de metales de las baterías de litio [2].

2. METODOLOGÍA

Las baterías se descargaron sumergiéndolas en una solución de KCl 0.3M, se desmontaron separando la carcasa, el polímero y las tiras de cátodo y ánodo. La electrólisis a voltaje constante en ácido sulfúrico se realizó en un sistema de dos electrodos compuesto por una tira de cátodo (1 cm × 1.8 cm) y un ánodo de grafito. Se estudió el efecto del voltaje (1.3V, 1.4V, 1.5V y 1.6V), manteniendo contaste la concentración del H_2SO_4 en 0.5M, la temperatura del sistema (40°C) y el tiempo (2h). Las muestras obtenidas de la electrólisis se analizaron por voltamperometría cíclica en un sistema de tres electrodos; Carbón vítreo como electrodo de trabajo, como electrodo de referencia Ag/AgCl y contraelectrodo de platino en un potenciostato BioLogic.

3. RESULTADOS

En la **Figura 1** se observan los voltamperogramas cíclicos de las soluciones obtenidas después de 2 horas de electrólisis. Al aplicar 1.4 V se presentó una mayor intensidad de corriente en el pico de oxidación a 1.4 V y de reducción a 1.2V, lo que sugiere una mayor concentración de especies en solución. Por el contrario, las soluciones obtenidas a 1.5V y 1.6V mostraron una disminución de la corriente de pico en el mismo rango de potencial, lo que se atribuye a la pasivación del ánodo por la formación de MnO_2 durante la electrólisis. Finalmente, a 1.3V la respuesta resultó ineficiente, ya que se observa una menor intensidad en la corriente de pico.

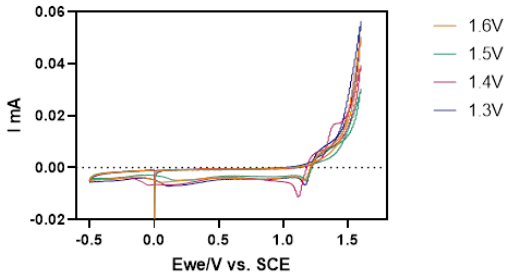


Figura 1. Voltamperograma cíclico (2 mV/s) de una solución de electrólisis a diferentes voltajes, 2h a 40°C en H_2SO_4 0.5M.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados, se identificó 1.4V como el voltaje adecuado para la recuperación electroquímica de metales, ya que minimizó la pasivación del ánodo. Se estableció este voltaje como base para la optimización de las variables experimentales como la temperatura y la concentración del H_2SO_4 en etapas posteriores del estudio.

5. REFERENCIAS

[1] Liu, C., Lin, J., Cao, H., Zhang, Y., & Sun, Z. Journal of Cleaner Production, 228, 801, (2019).

[2] J. Hu, J. Zhang, H. Li, Y. Chen, C. Wang, J. Power Sources, 351, 192 (2017)

Efecto de la adición de residuo de café como agente conductor en electrodos modificados de TiO_2NPs y grafito en la remoción de colorante

Presentación **Poster**

D.P. Tapia-Argüelles[1], N. Gutiérrez-Casiano[1], E. Hernández-Aguilar[1], J.A. Cobos-Murcia[2], L.A. Velázquez-Herrera[1], J. Estrada-García[1*]

[1]Universidad Veracruzana (FCQ), Avenida Oriente 6, Centro 94300 Orizaba, Ver. México.

[2]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184 El Álamo, Hgo. México.

E-mail: joestrada@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los procesos electroquímicos han surgido como una alternativa eficiente para su remoción, particularmente por el uso de electrodos modificados con materiales conductores [1,2]. En este sentido las TiO_2NPs y grafito han demostrado mejorar la generación de especies oxidantes [3]. Sin embargo, es posible que la adición de residuo de café (RC) como agente conductor incremente el desempeño de los electrodos. Por lo que esta investigación evalúa el efecto de la adición de RC a electrodos de TiO_2NPs y grafito con el fin de ser aplicados en procesos de remoción de colorantes.

2. METODOLOGÍA

Se realizó la extracción y estabilización térmica de un ligante conductor a partir de RC. De este RC se realizaron variaciones de la concentración tomando como base 74% de RC, 20% de grafito, 5% de carboximetilcelulosa y 1% de TiO_2NPs. Se mantuvieron a 2 días se secado (2D) y 7 días (7D). Se caracterizó del electrodo mediante voltamperometría, se obtuvo el perfil estructural por FTIR y SEM. Se monitoreó la remoción de azul de metileno durante un periodo de 30 min mediante espectrofotometría UV-Vis, para determinar el porcentaje de remoción del contaminante en función del contenido de RC integrado.

3. RESULTADOS

La conductividad de la formulación fue de 4138 µS/cm el cual es superior a suspensiones acuosas de TiO_2NPs los cuales reportan valores menores de 1000 µS/cm [2]. La Figura 1 muestra la señal típica de las TiO_2NPs (<1000 cm^{-1}) y la vibración correspondiente a los dobles enlaces de carbono (C=C a 1600 cm^{-1}) propia del grafito [3]. En el caso del electrodo modificado se observa la adhesión del RC al electrodo. En cuanto al electrodo D7 presenta una estabilidad baja a largo plazo, ya que pierde definición y las bandas orgánicas desaparecen, lo que sugiere que la matriz biológica sufrió lixiviación o se desprendió del material [4].

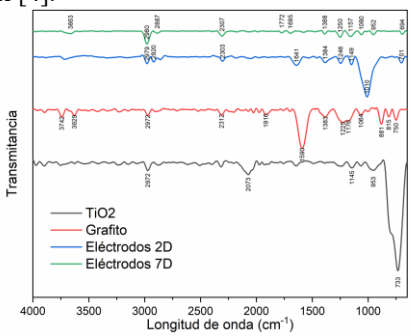


Figura 1. Espectros IR de TiO_2NPs, Grafito y electrodos de RC

4. CONCLUSIONES

El uso de RC como agente conductor de electrodos modificados de TiO_2NPs y grafito mostró potencial para mejorar las propiedades del material, lo cual favoreció la remoción de azul de metileno en medio acuoso. Por lo que esta estrategia permitiría disminuir costos de producción y con potencial aplicación en procesos de tratamiento de aguas residuales.

5. REFERENCIAS

[1] J. Lin, W. Ye, M. Xie, D.H. Seo, J. Luo, Y. Wan, & B. Van der Bruggen, *Nature Reviews Earth & Environment*, **4**, 785–803, (2023).

[2] M. Mazloum-Ardakani, & A.R. Khoshroo, *Journal of Nanostructures*, **3**, 269–275, (2013).

[3] M. Azadi, M. Zarei-Jelyani, M.M. Loghavi, M Babaiee, & R. Eqra, *Open Ceramics*, **20**, 100703, (2024

[4] N. Geng, B. Ren, B. Xu, D. Li, Y. Xia, C. Xu, & Hua, *Processes*, **10**, 1740, (2022).

Síntesis y caracterización de electrodos con nanocompuestos de ɣ-Fe_2O_3-TiO_2 para potencial desinfección de agua

Presentación **Poster**

F. Juárez López[1], L. A. Romero Orellana[2], J.C. Calva Yáñez[3], A. Tirado Guizar[3], M. T Oropeza Guzmán[1]

[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana, Posgrado en Ciencias de la Ingeniería. Blvd. Alberto Limón Padilla s/n, Mesa de Otay, CP 22500 Tijuana, B.C., México.

[2]Tecnológico Nacional de México/ I. T. Tijuana /Departamento de Química y Bioquímica, Calzada Tecnológico S/N Esq. Av. Castillo de Chapultepec y calle Cuauhtémotzin Fracc. Tomás Aquino CP 22414, Tijuana BC, México.

[3]Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tijuana, Centro de Graduados e Investigación en Química, 22500, Tijuana, BC, México.

E-mail: juarezlfidel@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La calidad y falta de agua en el norte de México son un eje prioritario en la investigación actual. Los compuestos de ɣ-Fe_2O_3@TiO_2 surgen como materiales prometedores para la potencial desinfección de agua. La interacción del TiO_2 con la luz visible produce un efecto fotocatalítico capaz de tener un efecto antibacteriano [1] y, al combinar con ɣ-Fe_2O_3 se produce un efecto sinérgico para producir fotoelectrocatálisis.

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron nanocompuestos de ɣ-Fe_2O_3-TiO_2 por coprecipitación y solvotermal con 2 diferentes proporciones molares 1:1 y 8:1 con mayor proporción de ɣ-Fe_2O_3. Los materiales se caracterizaron por TEM, XPS. Posteriormente se fabricaron electrodos mediante deposición electroforética y se caracterizaron por voltamperometría de barrido lineal y cronoamperometría.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra el depósito electroforético del nanocompuesto ɣ-Fe_2O_3-TiO_2 se obtuvo una formación de depósito homogéneo en la superficie del sustrato de titanio.

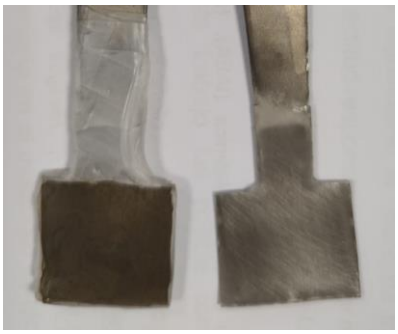


Figura 1. Depósito electroforético de nanocompuesto de ɣ-Fe_2O_3-TiO_2 en titanio

4. CONCLUSIONES

Se logró la síntesis preliminar de nanocompuestos γ-Fe_2O_3@TiO_2 y su inmovilización sobre sustratos de titanio mediante deposición electroforética. La formación de una película visible indica la viabilidad de la metodología para preparar electrodos modificados; sin embargo, su potencial aplicación en desinfección de agua deberá confirmarse mediante caracterización complementaria y ensayos fotoelectroquímicos o antimicrobianos bajo iluminación controlada.

5. REFERENCIAS

[1] L.F.A Anand Raj, A. Annushrie, S. Karthick Raja Namasivayan. *microbe*, **7**, 100331, (2025).

[2] L.A. Romero-Orellana, J. M. López-Martínez, J.C Calva-Yáñez, M.T. Oropeza-Guzmán, Y. Gochi-Ponc Química Hoy, **13**, 1, (2024).

Electrorefinación de aleaciones metálicas provenientes de la fundición de condensadores cerámicos multicapa: caracterización electroquímica y optimización.

Presentación: **Poster**

D.C. Torres Medina[1], J. A. Barragán López[1,2*], E. R. Larios Durán[2], M. Bárcena Soto[1]
[1]Departamento de Química, CUCEI, Universidad de Guadalajara.
[2]Departamento de Ingeniería Química, CUCEI, Universidad de Guadalajara.
E-mail: danae.torres5639@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la baja tasa de reciclaje global de residuos electrónicos (17.4% en 2019) [1], es importante proponer metodologías de recuperación y refinación de metales a partir de componentes complejos, como los condensadores cerámicos multicapa (MLCC), los cuales contienen Ni, Ag, y Pd [2]. En este estudio se propone una estrategia de concentración y recuperación de metales preciosos mediante electrorefinación. Se presenta la caracterización electroquímica y espectroscópica de la aleación obtenida del proceso de fundición de MLCC, y se optimiza el proceso de electrorefinación que permite la concentración de metales preciosos.

2. METODOLOGÍA

A partir de MLCC de desecho, los cuales fueron sometidos a una disminución de tamaño mediante molienda, se obtuvo una aleación metálica mediante un proceso de fusión reductora a 1150 °C usando un horno de fundición eléctrico. Se añadieron carbono (C) como agente reductor, cobre (Cu) como metal colector y Na_2CO_3 y $Na_2B_4O_7$ •10 H_2O como fundentes. Con la aleación obtenida se fabricó un electrodo de trabajo (WE) con un área tangencial de 0.1 cm² y 4.5 cm de longitud. El WE se encapsuló en resina epóxica, dejando expuesta sólo la superficie tangencial.

Se empleó una celda convencional de tres electrodos. Como electrodo de trabajo, se empleó la aleación obtenida. Además, se utilizó en electrodo de Ag/AgCl y un electrodo de carbono como electrodo de referencia y contra electrodo; respectivamente. La caracterización electroquímica se llevó a cabo mediante voltamperometría lineal (LSV) en una venta de potencial de -0.4 a 0.4 V vs. Ag/AgCl. Los experimentos se llevaron a cabo a diferentes concentraciones de H_2SO_4 y $CuSO_4$, como electrolitos, de acuerdo con un diseño de experimentos (DoE). Se determinó la velocidad de electrodisolución del Cu en la aleación metálica y se obtuvieron las condiciones de la solución que maximizan dicha velocidad. Una vez optimizada la concentración del electrolito, se aplicaron diferentes pulsos de potencial anódico durante 60 min para determinar la velocidad de electrodisolución en función del potencial aplicado.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se presenta una voltamperometría lineal en sentido anódico. A partir de este estudio se determinan los pulsos de potencial para la electrorefinación de la aleación metálica, en las condiciones optimizadas de H_2SO_4 y $CuSO_4$.

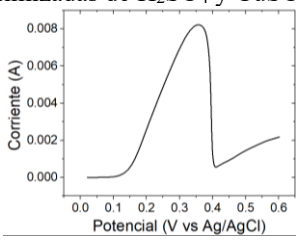


Figura 1. Voltamperometría de barrido lineal de aleación metálica obtenida de MLCCs.

4. CONCLUSIONES

Se establecieron las concentraciones óptimas del electrolito (H_2SO_4 y $CuSO_4$) y se identificó el potencial de oxidación adecuado para la refinación electroquímica del Cu, permitiendo a su vez la concentración y recuperación de los otros metales contenidos en los lodos anódicos obtenidos del proceso.

5. REFERENCIAS

[1] J. Clerc, et al., Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago, (2021).

[2] Y. Liu, et al., Journal of Cleaner Production. 257, 120370, (2020).

Efluentes textiles reales tratados mediante un sistema Galvanic-Fenton Heterogéneo vs. coagulación floculación: evaluación de su fitotoxicidad

Presentación **Poster**

V. Lugo-Lugo[1,2], J.A Morales-Alva[1], J. Ortega-de la Cruz[1], Edgar López Galván[1], A-L. Sabine Bussy-Beaurain[1], H. García-Arellano[1], L.A. Bernal-Martínez[3]

[1]Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma,

[2]Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma del Estado de México

[3]Tecnologico de estudios superiores de Jocotitlán

E-mail: violelugol@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La industria textil es una de las industrias que más contamina el medio ambiente y esto se debe principalmente al proceso de tintura o teñido de las telas y al acondicionado de ellas, en el cual se utilizan grandes cantidades de agua y más de más de 10,000 diferentes colorantes orgánicos, difícilmente biodegradables [1]. Actualmente los sistemas galvanic Fenton son tratamientos eficientes y económicos que no utilizan energía externa y trabajan con baja producción de lodos. Sin embargo, el reto es obtener efluentes no tóxicos para su disposición o reúso. Así, el objetivo de este trabajo fue tratar un efluente textil real usando un sistema Galvanic Fenton heterogéneo (GFH), comparar con un tratamiento de coagulación Floculación y realizar bioensayos con *Allium fistulosum* para determinar su toxicidad.

2. METODOLOGÍA

Se propusieron 3 etapas: en la 1ª etapa 1 L de efluente textil real contaminado con colorantes indigoides (pH 2.8), se trató con un sistema Galvanic Fenton Heterogéneo (Fe/Residuos Grafíticos. En la 2ª etapa se propuso un sistema de coagulación floculación con hierro a dos dosis (5 y 20 mg/L). En la 3ª etapa se realizó un bioensayo utilizando *Allium fistulosum* con varias diluciones de efluentes tratados y analizando estadísticamente el crecimiento de la raíz.

3. RESULTADOS

La degradación del 77.5 % del colorante presente en el efluente textil se llevó a cabo en 120 min, con una velocidad de 0.0118 s^{-1} (primer orden, R_2= 0.9935) y no se observaron lodos residuales (figura 1). Las muestras de agua textil tratadas por coagulación-floculación muestran porcentajes de remoción de 75.4% y 82.1 % para las dosis de 5 y 20 mg/L de $FeCl_3$, respectivamente.

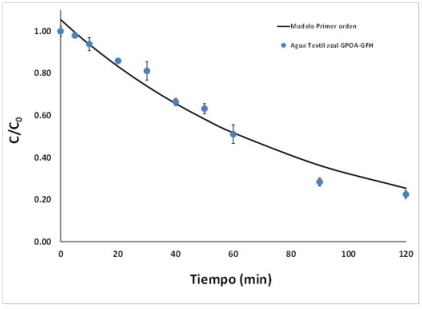


Figura 1. Cinética de Oxidación de efluente textil real con un sistema GFH (Fe/RG).

Los resultados de las pruebas de fitotoxicidad utilizando *Allium Fistulosum* muestran un porcentaje de inhibición de crecimiento radicular del 73% al tratarse de agua textil cruda. Al usar el sistema FGH se obtuvo un -550% al tratarse de agua sintética con IC y un 67.4% utilizando efluentes textiles azules reales. Finalmente, al usar un tratamiento por coagulación-floculación se obtuvo un 24.3 % de inhibición de crecimiento de raíces.

4. CONCLUSIONES

Estos resultados evidencian que una mayor remoción de materia orgánica no necesariamente implica una menor toxicidad biológica. Por ello, la evaluación mediante bioensayos con *Allium fistulosum* constituye una herramienta complementaria indispensable para determinar la calidad ambiental real de los efluentes tratados y verificar la eliminación efectiva de compuestos tóxicos residuales.

5. REFERENCIAS

[1] M. F. Chowdhury, S. Khandaker, F. Sarker, A. Islam, M. T. Rahman and M. R. Awual, *J. Mol. Liq.*, Vol. 318, 1, (2020).

Uso de solventes neotéricos (DES y RTIL) para la obtención vía electroquímica de recubrimientos nanoestructurados a base de Fe y Zn

Presentación **Poster**

M.I. Santos-Blanco, I. Robles, R. Ortega*
[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C., Parque Tecnológico Querétaro SN. Querétaro, México.
E-mail: msantos@cideteq.mx, irobles@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de procesos de síntesis más sostenibles ha impulsado el desarrollo de solventes neotéricos como alternativas a los solventes convencionales. Entre ellos, los líquidos iónicos a temperatura ambiente (RTIL, Room Temperature Ionic Liquids) y los solventes eutécticos profundos (DES, Deep Eutectic Solvents) destacan por su baja volatilidad, elevada estabilidad química y adecuadas propiedades electroquímicas. En este trabajo se evaluó el empleo de RTILs basados en carboxilatos y DES constituidos por mezclas urea–cloruro de colina–agua para la obtención electroquímica de recubrimientos nanoestructurados a base de Fe y Zn con potencial aplicación en procesos de remediación ambiental..

2. METODOLOGÍA

Los estudios electroquímicos se realizaron empleando sustratos conductores transparentes de óxido de estaño dopado con flúor (FTO) y óxido de indio-estaño (ITO). Los procesos de reducción y depósito fueron evaluados mediante voltamperometría cíclica, cronoamperometría y coulometría a potencial controlado. Las condiciones de electrodeposición se establecieron a partir de los resultados voltamétricos obtenidos para cada sistema. Los materiales depositados fueron caracterizados mediante AFM,SEM y EDS

3. RESULTADOS

Los RTILs y DES estudiados permitieron la electrodeposición de materiales basados en Fe y Zn sobre sustratos conductores transparentes. Los depósitos obtenidos presentaron buena adherencia y uniformidad superficial, alcanzando espesores del orden de varias micras bajo condiciones controladas de operación. Las imágenes obtenidas mediante SEM y EDS evidenciaron la formación de superficies con características nanoestructuradas, cuya morfología dependió de la composición del medio de reacción y de los parámetros de depósito empleados. Los resultados demuestran la viabilidad de utilizar solventes neotéricos como electrolitos para la síntesis electroquímica de materiales funcionales.

Los potenciales de reducción de Zn y Fe dependieron del medio electrolítico. El DES mostró procesos redox más definidos, mientras que el líquido iónico P-2-HEA presentó una ventana electroquímica más amplia. Con base en estos resultados, las electrodeposiciones se realizaron a 80 °C.

Las cronoamperometrías revelaron diferencias significativas en los mecanismos de electrodeposición. En el DES, el $ZnCl_2$ presentó corrientes más altas y estables que el $FeCl_2$, favoreciendo un crecimiento más eficiente del depósito metálico. En el líquido iónico P-2-HEA, el zinc mostró una rápida formación de película, mientras que el hierro exhibió nucleación progresiva y crecimiento continuo del recubrimiento. Estos resultados evidencian la influencia del medio electrolítico sobre la cinética de nucleación y crecimiento de los depósitos obtenidos.

Las micrografías SEM y los análisis EDS evidenciaron la formación de depósitos metálicos con morfologías dependientes del metal precursor y del medio de electrodeposición. Los recubrimientos obtenidos en DES mostraron superficies más rugosas y estructuras tridimensionales asociadas al crecimiento de los depósitos, mientras que los obtenidos en el líquido iónico P-2-HEA presentaron una distribución más homogénea y compacta. La presencia de partículas y agregados de tamaño submicrométrico confirmó la formación de materiales nanoestructurados, mientras que los espectros EDS corroboraron la incorporación de Fe y Zn en los recubrimientos obtenidos.

4. CONCLUSIONES

Los RTILs basados en carboxilatos y los DES urea–cloruro de colina–agua constituyen medios adecuados para la electrodeposición de recubrimientos nanoestructurados de Fe y Zn. Los materiales

Prueba de electrodos de fieltro de grafito modificados térmicamente y con recubrimiento de níquel para la generación de hidrógeno mediante la electrólisis de urea en medio acuoso

Presentación **Poster**

G. C. López Ojeda[1], S. A. Cruz Magdaleno[1], S. A. García González[1], E. García Mata[1], K. L. De la Trinidad Benitez[1], A. Y. García Mendoza[1], A. Durán Moreno[1]

[1]Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

E-mail: unilquadio@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se estudió la electrolisis de soluciones sintéticas de urea, empleando electrodos de fieltro de grafito para generar hidrógeno; dicha opción presenta un potencial termodinámico menor que la electrólisis del agua, lo que se traduce como un menor consumo energético, además de tratar un compuesto que puede encontrarse en efluentes de aguas residuales municipales [1]. El uso de catalizadores basados en níquel se justifica por su alta disponibilidad y bajo costo, además de presentar actividad electrocatalítica, tanto para la evolución de hidrógeno como para la oxidación de urea en medios alcalinos [2, 3].

2. METODOLOGÍA

Se empleó fieltro de carbono para los electrodos debido a su alta área superficial, estos fueron modificados a través de tratamiento térmico (400 °C). Para mejorar la actividad electrocatalítica se empleó la técnica de electrodeposición para recubrir los electrodos con níquel metálico. Los experimentos de oxidación fueron realizados con soluciones sintéticas de urea a una concentración de 5 g/L, el pH fue modificado con NaOH 1M a un valor de 11. Se monitoreo el cambio en el valor de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la concentración de nitrógeno amoniacal y volumen de gas electro-generado debido a las reacciones de oxidación.

3. RESULTADOS

Los resultados del cambio de DQO en las soluciones de urea se muestran en la Figura 1.

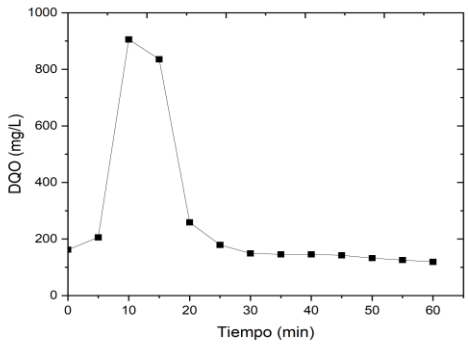


Figura 1. Variación de la DQO durante la oxidación de urea. Concentración de 5 g/L. V: 1.2, pH 11

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se empleó un tratamiento electroquímico a muestras de soluciones sintéticas contendiendo urea. Los resultados mostraron efectos de oxidación medidos en términos de la Demanda Química de Oxígeno y nitrógeno amoniacal debido a las modificaciones hechas a los electrodos

5. REFERENCIAS

[1] V. Vedharathinam, G. G. Botte, (2012). Electrochimical Acta, volumen 81, 292, (2012)

[2] P. Basumatary, U. H. Lee, D. Konwar, Y. S. Yoon. International Journal of Hydrogen Energy, volumen 45, 32770, (2020).

[3] R. H. Tammam, M. M. Saleh, Journal of Electroanalytical Chemistry, volumen 794, (2017).

Degradación de paraquat en medio acuoso mediante procesos Foto-Fenton y electroquímico

Presentación **Poster**

C.D. Garcia Ramirez[1], H.A. Saldarriaga Noreña[2], C.A. Garcia Perez[2], A. Parra Parra[1], E.C. Menchaca Campos[1].

[1]Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas-IICBA, UAEM, Avenida Universidad 1001, 62209, Cuernavaca, Morelos, México.

[2]Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos Av. Universidad 1001, C.P.62209 Cuernavaca, Morelos, México.

E-mail: citlali.garcia@uaem.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El paraquat o violeta de metilo (dicloruro de 1,1′-dimetil-4,4′-bipiridinio) es un herbicida de contacto catiónico de amplio espectro que se utiliza ampliamente en más de 100 países. La contaminación por uso de plaguicidas como el paraquat en la agricultura, se filtra en el suelo y aguas subterráneas, afectando tanto el ambiente como la salud humana, además que el paraquat no se degrada rápidamente en el medio ambiente [1]. Este trabajo se enfoca en la aplicación de los Procesos de Oxidación Avanzada (PAO) como una solución para la eliminación de contaminantes orgánicos [2].

2. METODOLOGÍA

Metodología para el Proceso Foto-Fenton: se usó peróxido de hidrógeno (H_2O_2), sulfato ferroso ($FeSO_4$), ácido sulfúrico (H_2SO_4) Se realizaron cuatro experimentos (E1-E4) variando las proporciones de H_2O_2 y Fe^{2+}, manteniendo la concentración inicial de Paraquat en 1.68 mg/L y el pH a ~3. Las proporciones estudiadas fueron 1:10, 1:25, 1:17 y 1:13 de $[H_2O_2]$:$[Fe^{2+}]$, durante 3 horas.

Metodología para el Proceso Electroquímico: se empleó una celda electroquímica [3]. Se realizaron tres pruebas (E1-E3) para evaluar la influencia del pH (aproximadamente 3, 7 y 10) en la degradación, manteniendo un voltaje de 5 V y una corriente de 7 A. El tiempo de reacción fue de 8 horas.

3. RESULTADOS

El proceso Foto-Fenton demostró una mayor eficiencia del 75.86% alcanzada con la prueba E2, bajo las condiciones de pH ≈ 3 y una proporción de Fe^{2+}:H_2O_2 de 1:25 (20 ppm de Fe^{2+} y 510 ppm de H_2O_2), a una concentración inicial de Paraquat de 1.68 mg/L (Figura 1). Para el proceso electroquímico la mayor eficiencia fue del 36.04% alcanzada con la prueba E1, a un pH ≈ 6 (neutro)

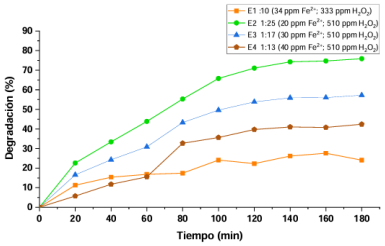


Figura 1 Porcentaje de degradación de paraquat por método Foto-Fenton en 3 horas.

4. CONCLUSIONES

El proceso Foto-Fenton mostró una mayor eficiencia en la degradación de paraquat, alcanzado eficiencia de degradación fue del 75.86%. Se observó una disminución de la señal de Paraquat a 258 nm a partir del minuto 40, y la aparición de nuevas señales a 315 nm Para el proceso electroquímico este fue menos eficiente con una mayor eficiencia fue del 36.04% alcanzada con la prueba E1, a un pH ≈ 6 (neutro), la absorbancia de Paraquat a 258 nm disminuyó a partir del minuto 100. Un ligero aumento de la absorbancia alrededor de 300 nm sugiere la probable aparición de subproductos.

5. REFERENCIAS

[1] Y. Huang, H. Zhan, P. Bhatt, S. Chen, **Frontiers in Microbiology**, **10**, 1754, (2019).

[2] D. Khan, S. Feroze, S. W. Ali, *Global Research Journal of Natural Science and Technology*, **3**, 532, (2025).

[3] J. A. Muñoz Hernández, H. Saldarriaga-Noreña, G. Reyes-Romero, M. A. Murillo-Tovar, J. Vergar Sánchez, *Desalination and Water Treatment*, **287**, 22 (2023).

Evaluación paramétrica de un reactor electro-Fenton heterogéneo para la potabilización de agua de lluvia

Presentación **Poster**

M. C. Luna Salas[1], L. A. Godinez Mora Tovar[1], J. J. Treviño Resendez[1], J. Santos Cruz[2], G. Acosta Santoyo[1], J. D. García Espinoza[1]

[1]Centro de Investigación en Química para la Economía Circular, CIQEC, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las Campanas s/n, CP. 76010, Querétaro, Querétaro, México.

[2]Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las Campanas s/n, CP. 76010, Querétaro, Querétaro, México.

E-mail: mluna22@alumnos.uaq.mx

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo, 12 millones de personas en México, no cuentan con agua potable y solo el 1 % de agua de lluvia se utiliza para uso humano [1], su tratamiento es una alternativa para abordar el problema de escasez hídrico. Las tecnologías electroquímicas avanzadas de oxidación, son una opción prometedora debido a su alta eficiencia en la generación de radicales hidroxilo (•OH), los cuales son capaces de degradar contaminantes orgánicos y microbiológicos [2].

Este proyecto pretende evaluar la eficiencia de un reactor electro-Fenton heterogéneo para la potabilización del agua de lluvia, la cual tendrá como finalidad su uso en actividades domésticas (figura 1)

2. METODOLOGÍA

Se caracterizaron las propiedades electrocatalíticas del electrode utilizado a través de voltamperometría cíclica. Mediante modelos matemáticos se determinaron los valores de las variables con las que se logró el punto óptimo de generación de H_2O_2. Posteriormente, se validó la presencia de hierro contenido en el tezontle, a través de la degradación de Carbamezepina como contaminante modelo. Una vez finalizado el proceso, las condiciones del agua de lluvia se planea evaluar según los parámetros de la norma NOM-127-SSA1-2021.

3. RESULTADOS

La concentración de H_2O_2 generada fue de 2.29 mg/L y a través del diseño experimental factorial, se mostró que las variables más significativas para la generación de H_2O_2, fueron la intensidad de corriente y el flujo de aire suministrado. Por otro lado, el porcentaje de remoción de Carbamazepina fue de 43.18 % en un periodo de 15 minutos.

4. CONCLUSIONES

El tratamiento de agua de lluvia es necesario y la respuesta del sistema diseñado en cuanto a la generación de H_2O_2 y degradación de contaminantes modelo, reflejan la factibilidad de aplicación de este proyecto para su aplicación a escala real.

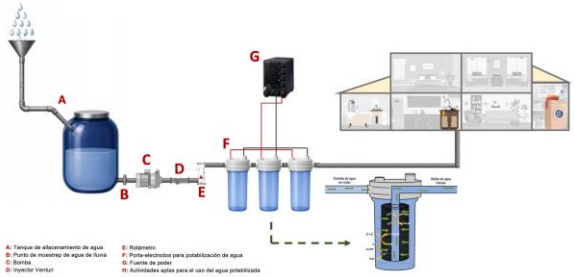


Figura 1. Proceso integral para la potabilización de agua de lluvia.

5. REFERENCIAS

[1]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), ONU-Agua, *Progreso del cambio en la eficiencia del uso del agua: Situación a mitad de período del Indicador 6.4.1 de los ODS y necesidades de aceleración, con especial atención a la seguridad alimentaria y el cambio climático,* p. 32, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma, (2025).

[2]. S. A. Ismail, W. L. Ang, A. W. Mohammad, *Journal of Water Process Engineering*, **40**, 101952, (2021).

Recuperación de electrocatalizadores Pt-Pd-Rh a partir de tractocamiones diésel para su regeneración electroquímica

Presentación **Poster**

A. Gallegos-Carrillo[1*], J.C. Ballesteros[1*], E. Y. López-Ruiz[1]

[1]Universidad Politécnica de Lázaro Cárdenas. Carretera La Orilla-La Mira 1 56, , La Orilla, C.P. 60998, Lázaro Cárdenas, Michoacán.

E-mail: jballesteros_pacheco@yahoo.com.mx; alogallegos.car89@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN.

México actualmente hace frente al cambio climático, en el sector autotransporte se han desarrollado e implementado diferentes estrategias para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI). La implementación de Urea en el sistema de combustión esta ayudando a la disminución de la emisión de NO_X, sin embargo, el catalizador de Pt-Pd-Rh es muy costoso y su regeneración es un tema de interés económico "urgente" en el sector del transporte de carga.

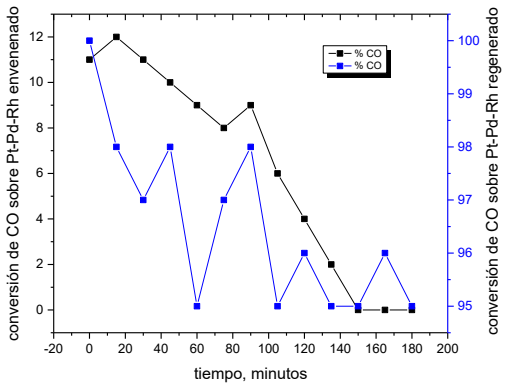
2. METODOLOGÍA

A partir de catalizadores desechados a partir de los tractocamiones diésel se llevó a cabo la extracción de una placa de catalizador envenenado para su evaluación electroquímica y posterior regeneración electroquímica en una solución de NH_4OH con presencia de PEG 400. El estudio electroquímico se llevó a cabo en dos celdas electroquímicas de tres y dos electrodos. La evaluación electroquímica se llevó a cabo en un sistema de tres electrodos en presencia de H_2SO_4 0.5 M usando la técnica de voltamperometría cíclica y potencial a circuito abierto. La regeneración electroquímica se llevó a cabo en un sistema de dos electrodos usando corriente anódica aplicada durante 45 minutos a 35°C. Para confirmar los resultados del proceso de regeneración un estudio por DRX antes y después del proceso de regeneración electroquímica fue llevado a cabo sobre la placa usada. Pruebas de conversión de CO fueron llevadas a cabo en un reactor electroquímico tubular en presencia de la solución electrolítica fue conducido como prueba final de regeneración y estabilidad química. El seguimiento de la reacción electroquímica de CO fue llevado a cabo a la salida del reactor tubular usando un equipo analizador de gases dióxido de carbono HI 3818.

3. RESULTADOS

Los resultados del seguimiento de la reacción de oxidación de CO a CO2 sobre una placa de Pt-Pd-Rh antes y después de la regeneración electroquímica indican una regeneración del 96.5% en un período de 3 horas.

Los resultados del cálculo de % conversión de CO son mostrados en figura 1.



4. CONCLUSIONES

Los resultados muestran el seguimiento de la reacción de oxidación de CO antes y después del proceso de regeneración electroquímica del catalizador Pt-Pd-Rh. El desarrollo de un método *in-situ* de regeneración electroquímica en tractocamiones diésel ha sido desarrollado usando una solución electrolítica desarrollada en los laboratorios de la UPLC

5. REFERENCIAS

[1] Md Samiul Islam Sarker, Takahiro Nakamura, Satoshi Kameoka, Yuichiro Hayasaka, Shu Yin and Shunichi Sato, *RSC Advances*, 9, 38882, (2019).

Actividad electrocatalítica de materiales bimetálicos (Pd, Cu) soportados sobre estructuras híbridas (C-MOx) para la oxidación de ácidos carboxílicos

Presentación **Poster**

M.G. Flores-Rico-Lopez*, A.A. Flores-Caballero, L. Chen, A. Manzo-Robledo**, J. A. Wang.

Laboratorio de Electroquímica y Corrosión, Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE, UPALM, Ciudad de México, C.P. 07738.

E-mail: mfloresricol1700@alumno.ipn.mx*, amanzor@ipn.mx**.

1. INTRODUCCIÓN

La transición hacia tecnologías energéticas limpias requiere alternativas seguras y eficientes al uso de combustibles fósiles. Entre las alternativas más estudiadas se encuentra el hidrógeno; sin embargo, su producción, almacenamiento y transporte limitan su aplicación. En este contexto, la electro-oxidación de moléculas orgánicas ha despertado un creciente interés en sistemas electroquímicos de conversión de energía, debido a su potencial para emplear combustibles líquidos de mayor facilidad de manejo y almacenamiento. Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar materiales basados en Pd y Cu como electrocatalizadores para la oxidación de ácido fórmico y su posible aplicación en celdas de combustible [1-2].

2. METODOLOGÍA

La electro-oxidación del ácido fórmico en medio alcalino se evaluó empleando nanopartículas mono- y bi- metálicas de Pd y Cu soportadas sobre carbón Vulcan, sintetizadas mediante el método de impregnación. La caracterización estructural y morfológica de los materiales se realizó mediante XRD y SEM, mientras que la caracterización electroquímica se estudió por voltamperometría cíclica, cronoamperometría, EIS, Raman *in situ* y DEMS [3].

3. RESULTADOS

Los resultados de voltamperometría cíclica mostraron que todos los electrocatalizadores Pd_x-Cu_y/C presentan actividad hacia la oxidación del ácido fórmico en medio alcalino. Siendo la proporción de Pd_{75}-Cu_{25}/C la que presentó mayor intensidad de corriente farádica con respecto a los otros materiales, Figura 1. Por otro lado, los estudios de espectroscopía de impedancia electroquímica revelan que este electrocatalizador exhibe la menor resistencia a la transferencia de carga.

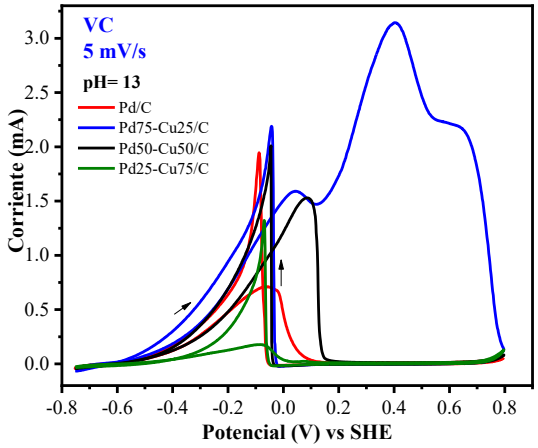


Figura 1. Voltamperogramas de los electrocatalizadores en KOH [1.0 M] + HCOOH [0.5 M] a 5 mV s^{-1}.

4. CONCLUSIONES

Los resultados mostrados ponen en evidencia que el catalizador de Pd_{75}-Cu_{25}/C es más eficiente para la oxidación del ácido fórmico en medio alcalino. Esto se demuestra por la mayor intensidad de corriente farádica registrada en la voltamperometría cíclica, así como por la menor resistencia a la transferencia de carga y procesos interfaciales más eficientes, evidenciados por técnicas *in-situ*.

5. REFERENCIAS

[1] T. Shen, J. Zhang, K. Chen, S. Deng, and D. Wang *Energy & Fuels*, **34**, 9137, (2020).

[2] Y. Li, X. Wang, J. Zhang, H. Liu, and Y. Yamauch *Nano-Micro Letters*, **17**, 148, (2025).

[3] L. P. A. Guerrero-Ortega, A. Manzo-Robledo, I Ramírez-Meneses, J. Mateos-Santiago, L. Lartundo Rojas, and V. Garibay-Febles, *Int. J. Hydrog. Energy* **43**, 6117, (2018).

Valorización integrada del carbono mediante oxidación avanzada y electro-reducción del CO_2 con electrodos reticulados

Presentación **Poster**

G. Roa-Morales[1], S. Maldonado [1,2], R. Natividad[1], M.A. Rodrigo-Rodrigo[2]
[1]Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable (CCIQS) UAEM-UNAM, Carretera Km. 14.5, Unit San Cayetano, Toluca - Atlacomulco, 50200 Toluca de Lerdo, Méx., Mexico.
[2] Department of Chemical Engineering, University of Castilla-La Mancha, Ciudad Real, Spain
E-mail: groam@uaemex.mx

1. INTRODUCCION

El aumento continuo de los niveles de CO_2 en la atmósfera, impulsado en gran medida por la combustión de combustibles fósiles, ha intensificado la necesidad de tecnologías capaces de reducir las emisiones y generar productos de valor añadido de forma simultánea. La reducción electroquímica del CO_2 (CO_2RR) se ha convertido en una estrategia prometedora para la utilización sostenible del carbono, especialmente para producir combustibles y productos químicos como el ácido acético, el ácido fórmico y el metanol, cuya selectividad depende en gran medida de la composición del catalizador y de las condiciones de funcionamiento. Paralelamente, los procesos de oxidación electroquímica ofrecen una vía atractiva para el tratamiento de corrientes acuosas contaminadas, lo que brinda oportunidades para la valorización integrada de los residuos y los recursos de carbono [1,2,3].

Este trabajo investiga el comportamiento de electrodos tipo espumas de cobre reticuladas modificadas mediante galvanoplastia con diversos metales y aleaciones, tales como: Sn, Ag, Pb, Sn/Ag y Sn/Pb, empleadas como electrocatalizadores para la reducción catalítica del CO_2 (CO_2RR), con especial atención a la producción de metanol.

2. METODOLOGIA

Los experimentos electroquímicos se llevaron a cabo en una celda de tipo H utilizando una fuente de poder y dos electrolitos diferentes: 0.1 M de $KHCO_3$ y aguas residuales de la industria de la confitería. Los electrodos modificados se utilizaron como cátodos y en el anódo se utilizó un electrodo de Ti/Pt. Los productos de reacción se identificaron y cuantificaron mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y cromatografía de gases (GC). Se evaluó comparativamente la influencia de la composición de los electrodos en la actividad catalítica, la selectividad y la distribución de los productos.

3. RESULTADOS

Entre los electrodos modificados estudiados, las espumas de cobre recubiertas de plata (Ag) mostraron la mayor actividad de reducción del CO_2 y favorecieron la selectividad hacia el metanol . Por el contrario, los electrodos modificados con estaño (Sn) y plomo (Pb) mostraron una menor selectividad hacia el metanol. Estos resultados indican que la incorporación de plata mejora significativamente el rendimiento catalítico, probablemente al modificar las propiedades de unión superficial y favorecer las vías de reacción que dan lugar a productos de un C (C1).

Los resultados también confirman la viabilidad de utilizar aguas residuales de la industria de la confitería como medio de reacción alternativo, lo que abre la posibilidad de combinar la conversión de CO_2 con el tratamiento de aguas residuales en una única plataforma electroquímica. Este enfoque integrado mejora la sostenibilidad del proceso al combinar la utilización del carbono con la valorización de residuos.

4. CONCLUSIONES

Los resultados confirman que la modificación del electrodo es un factor clave que determina la actividad y la selectividad, y que la incorporación de plata resulta especialmente beneficiosa para favorecer la formación de metanol. En general, esta estrategia contribuye a la descarbonización, a la recuperación de residuos y al desarrollo de enfoques de economía circular basados en tecnologías electroquímicas.

5. REFERENCIAS

[1] S. Zhao et al., *Nano-Micro Lett.*, 11:1–1 (2019)

[2] S. Bhardwaj, A. Biswas, M. Das, and R. S. De *Sustain. Energy Fuels*, 5: 2393–2414, (2021)

[3] P. Wang et al. *Nat. Commun.*, 13:1–11, (2022

Evaluación de la selectividad de membranas de intercambio catiónico modificadas voltamperométricamente con polianilina

Presentación: **Poster**

A. Montes-Rojas*, O. E. Cárdenas González, L. M. Torres Rodríguez
Laboratorio de Electroquímica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Dr. Manuel Nava No. 6, Zona Universitaria, San Luis Potosí, S. L. P., CP. 78210
E-mail: antonio.montes@uaslp.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las expectativas de las membranas de intercambio iónico (MII) abarcan dominios tan diversos como la obtención de litio a partir del agua de mar. Sin embargo, uno de los retos existentes es que las MII puedan ser capaces de discriminar el paso a especies con ciertas características en presencia de otras con características semejantes, como la carga que portan, conocida como selectividad por valencia (valence selectivity) [1]. Una propuesta es de modificar las MII con polianilina (PAni) mediante técnicas electroquímicas para controlar sus propiedades selectivas [2]. En este trabajo se presentan los resultados de caracterizar a muestras de una membrana comercial de intercambio catiónico con diferentes cantidades de PAni modulada por el numero de ciclos de barrido, cuando se utiliza voltamperometría cíclica como técnica de modificación.

2. METODOLOGÍA

La modificación de las muestras con PAni se realizó por voltamperometría cíclica en solución de H_2SO_4 y anilina a diferente número de ciclos [2]. Posteriormente se obtuvieron diferentes propiedades para evaluar su selectividad a los iones litio.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra la selectividad de las muestras, en términos del valor del número de transporte del ion litio, $t(Li^+)$, como función del número de ciclos de barrido de potencial utilizado durante la preparación de PAni. De acuerdo con la Figura, los valores de $t(Li^+)$ disminuyen casi progresivamente con el aumento del número de ciclos de barrido. Entre 0 y 40 ciclos, $t(Li^+)$ disminuye cuando incrementa el número ciclos hasta un 10%, pero si el número de ciclos es mayor a 40, entonces $t(Li^+)$ disminuye, pero en menor intensidad, hasta un 2.5%.

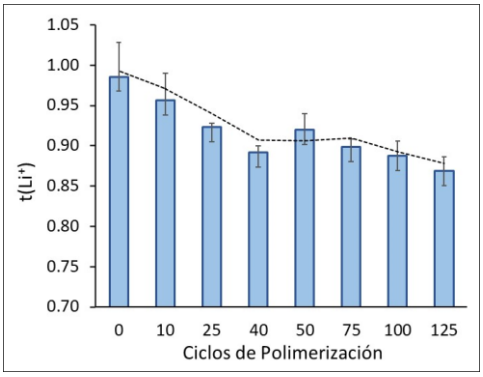


Figura 1. Número de transporte del ion litio ($t(Li^+)$) en muestras de membrana de intercambio catiónico modificadas voltamperométricamente.

Este comportamiento de $t(Li^+)$ revela, por un lado, que entre 0-40 ciclos la cantidad de PAni presente en las muestras es modulable, de modo tal que la selectividad es afectada inversamente con el aumento de la cantidad de PAni. Posiblemente esto se deba a la obstrucción gradual del paso de los iones litio a través de los microcanales de la membrana. Por otra parte, la selectividad alcanza un límite, cuando el número de ciclos de barrido es superior a 40, debido a que la cantidad de PAni presente es semejante, sin importar el número de ciclos de barrido.

4. CONCLUSIONES

La selectividad, y otras propiedades, de membranas electromodificadas con cantidades variables de PAni es modulable cuando se tienen bajas cantidades de PAni. No obstante, esta propiedad alcanza un límite debido a que la cantidad de PAni no aumenta más aun con el aumento del número de ciclos.

5. REFERENCIAS

[1] H. Fan, Y. Huang, N. Y. Yip, Front. Environ. Sci. Eng., **17**, 1, (2023).
[2] A. Montes-Rojas, Y. O. Maldonado, L. M. T. Rodríguez, *J. Membr. Sci.*, **300**, 2, (2007).

Desarrollo y caracterización de electrodos modificados con residuos de pimienta xantada y hierro para la detección de arsénico.

Presentación **Poster**

G. Barrita Cruz[1], *G. Roa Morales[1], P. Balderas Hernández[1], R. M. Gómez Espinosa[1]
Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM. Carretera Toluca-Atlacomulco, Km 14.5. C.P. 50200, Toluca, Estado de México, México.
*E-mail: groam@uaemex.mx

1. INTRODUCCIÓN

El arsénico es uno de los contaminantes inorgánicos de mayor preocupación ambiental debido a su elevada toxicidad y capacidad de bioacumulación. La Organización Mundial de la Salud establece una concentración máxima permisible de 0.01 mgL^{-1} en agua destinada al consumo humano [1]. Entre las técnicas disponibles para su monitoreo, los métodos electroquímicos destacan por su sensibilidad, rapidez y bajo costo. Asimismo, la modificación de electrodos ha permitido mejorar la preconcentración y detección de especies metálicas [2]. Los residuos lignocelulósicos representan una alternativa sostenible debido a la abundancia de grupos funcionales susceptibles de modificación química [3]. Por ello, el presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar electrodos de pasta de carbono modificados con residuos de pimienta xantada con hierro para la detección electroquímica de As (III) en medio acuoso.

2. METODOLOGÍA

Los residuos de pimienta (P) fueron lavados, secados y modificados con NaOH y CS_2 para obtener el material xantado (PX), su posterior incorporación de hierro reaccionando con $FeSO_4$ para obtener los materiales correspondientes PFe y PXFe. Los materiales obtenidos fueron caracterizados mediante espectroscopía infrarroja (FTIR-ATR) y difracción de rayos X (DRX). Posteriormente se fabricaron electrodos de pasta de carbono modificados con los materiales sintetizados. La caracterización electroquímica se realizó mediante voltamperometría cíclica, utilizando HCl 0.1 M como electrolito soporte, en ausencia y presencia de arsénico, con y sin pretratamiento electroquímico.

3. RESULTADOS

Los análisis FTIR confirmaron la funcionalización química de la pimienta mediante xantación, evidenciada por la aparición de bandas asociadas a grupos xantato y enlaces C–S, las cuales permanecieron después de la incorporación de hierro. Los difractogramas de rayos X de PFe y PXFe mostraron reflexiones características de la matriz lignocelulósica. Los estudios electroquímicos indicaron que, en ausencia de pretratamiento, no se observaron diferencias significativas entre el blanco y las soluciones con arsénico. Sin embargo, al aplicar un potencial de depósito de −800 mV durante 60 s se obtuvo una respuesta dependiente de la concentración de arsénico como se muestra en la figura 1, siendo el electrodo modificado con PXFe el que presentó los mejores resultados.

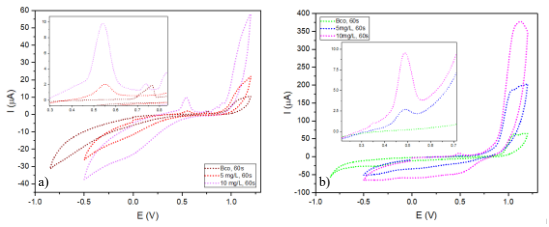


Figura 1. VC's, a)PFe, b)PXFe, Ag/AgCl, Pt, con adiciones de 5 y 10 mgL^{-1}, en HCl 0.1 M, E_0 = 0 mV, v_s = 100 mVs^{-1}.

4. CONCLUSIONES

La xantación y posterior incorporación de hierro en residuos de pimienta permitió obtener materiales electroactivos para la detección de As (III). El electrodo modificado con PXFe presentó la mayor respuesta electroquímica tras la etapa de preconcentración, sugiriendo que la combinación de grupos sulfurados y especies de hierro favorece la interacción del analito con la superficie electroactiva del electrodo.

5. REFERENCIAS

[1] World Health Organization (WHO). *Guidelines for Drinking-water Quality,* 4th ed, Malta (2011)
[2] D. M Tejashwini, et al., *Topics in Catalysis,* 69: 165-192, (2026).
[3] G. Supriyanto, et al., Polymer Bulletin, 83:68, (2026)

Producción de biodiesel a partir de aceite de cocina usado (WCO) mediante electrólisis

Presentación **Poster**

J. A. Vidal Monroy[1], R. Romero Romero[1*], R. Natividad Rangel[1], G. Roa Morales[1]
[1]Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable, UAEMéx-UNAM, Km 14.5 Carretera Toluca-Atlacomulco, San Cayetano, Piedras Blancas, 50200, Toluca, MEX, México
E-mail: jvidalm001@uaemex.mx, rromeror@uaemex.mx

1. INTRODUCCIÓN

La electrólisis ha surgido como una alternativa prometedora para la producción de biodiésel debido a su capacidad para generar especies electroactivas in situ, reduciendo potencialmente los requerimientos energéticos y las limitaciones asociadas a los procesos convencionales de transesterificación. Diversos estudios han demostrado la viabilidad de esta tecnología para obtener elevadas conversiones a ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME), incluso bajo condiciones moderadas de operación [1,2]. En este trabajo se evaluó la producción de biodiésel a partir de aceite de cocina usado mediante un sistema electroquímico equipado con electrodos de grafito.

2. METODOLOGÍA

Se evalualó la producción de biodiesel usando un enfoque electroquímico; los experimentos se realizaron en una celda electroquímica tipo batch con agitación constante, utilizando aceite de cocina usado, metanol, NaOH como catalizador homogéneo y NaCl como electrolito soporte. La reacción se llevó a cabo a temperatura ambiente durante 2 h utilizando electrodos de grafito conectados a una fuente de alimentación de corriente directa. Se implementó un diseño factorial 2^3 para evaluar el efecto del voltaje aplicado, la concentración de electrolito y la cantidad de catalizador sobre la producción de biodiésel. La composición del producto obtenido fue determinada mediante cromatografía de gases con detector de ionización de llama (GC-FID), y sus propiedades fisicoquímicas serán analizadas para verificar el cumplimiento de la norma europea UNE-EN 14214.

3. RESULTADOS

Se obtuvieron contenidos de FAME superiores al 89 % en todas las condiciones evaluadas, alcanzándose valores cercanos al 99 % en las mejores corridas experimentales. El análisis estadístico mostró que la concentración de electrolito y la cantidad de catalizador influyeron significativamente sobre la respuesta del sistema, mientras que el voltaje aplicado no presentó un efecto significativo dentro del intervalo estudiado.

Tabla 1. Influencia de las variables operativas sobre la producción electroquímica de biodiésel determinada mediante diseño factorial 2^3.

Factor	Fcal
Catalizador (NaOH), %wt	124.6
Electrolito (NaCl), %wt	46.96
Pot. Eléctrico, V	0.08

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran la viabilidad de la producción de biodiésel mediante electrólisis a partir de aceite de cocina usado, alcanzando contenidos de FAME superiores al 89 % bajo todas las condiciones evaluadas. El análisis estadístico evidenció que la composición del medio de reacción, particularmente la concentración de catalizador y electrolito, ejerce una influencia significativa sobre la respuesta del sistema. Asimismo, la limitada influencia observada del voltaje dentro de la región experimental estudiada resalta la necesidad de profundizar en la evaluación de parámetros electroquímicos más representativos, como la densidad de corriente, con el fin de comprender y aprovechar de manera más eficiente los fenómenos electroquímicos involucrados en la producción de biodiésel.

5. REFERENCIAS

[1] Guan G, Kusakabe K. Synthesis of biodiesel fuel using an electrolysis method. Chemical Engineering Journal. 2009;153(1–3):159–163.
[2] Thangaraj B, Solomon PR. Biodiesel production by the electrocatalytic process: a review. Clean Energy. 2021;5(1):19–31.

Influencia de la naturaleza del catión durante la electroreducción de nitratos sobre Ni metálico: uso de técnicas *in situ* para determinar la relación NH_3/H_2

Presentación **Poster**
F.A. Gómez-Gómez [1*], A. Susarrey-Arce [2], A. Manzo-Robledo [1], J.A. Wang [1**].
[1] Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional,Colonia Zacatenco, C.P. 07738, Ciudad de México, México.
[2] Department of Chemical Engineering, Mesoscale Chemical Systems, MESA+Institute, University of Twente, P.O. Box 217, Enschede 7500AE, the Netherlands.
E-mail: *fgomezg2101@alumno.ipn.mx, ** jwang@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

La electroreducción de nitratos en medios acuosos representa una alternativa prometedora para la síntesis sostenible de compuestos nitrogenados de alto valor agregado. Este proceso depende del entorno electrolítico, particularmente de la composición de la solución y de las interacciones interfaciales inducidas por los cationes alcalinos (Li^+, Na^+ y K^+). El presente estudio examina las rutas de reacción involucradas en la reducción electroquímica de nitratos y el efecto de los cationes alcalinos sobre la formación hidrogeno y amoniaco [1].

2. METODOLOGÍA

La electroreducción de nitratos se evaluó sobre una interfaz de níquel metálico empleando soluciones de $LiNO_3$, $NaNO_3$ y KNO_3 en medios alcalinos de LiOH, NaOH y KOH. Las propiedades estructurales del electrodo fueron analizadas mediante XRD. El comportamiento electroquímico se investigó utilizando VC y EIS. Adicionalmente, mediciones electroquímicas acopladas a técnicas *in situ* como DEMS y espectroscopia Raman, son presentados.

3. RESULTADOS

La Figura 1 presenta las curvas de voltametría cíclica registradas sobre un electrodo de níquel metálico en una ventana de potencial de 0.6 a −0.6 V vs. RHE a una velocidad de barrido de 1 mV/s. Las corrientes faradaicas evidencian la influencia de los cationes alcalinos en la reducción electroquímica de nitratos, mostrando una respuesta dependiente del potencial aplicado y de la naturaleza del catión. Complementariamente, las técnicas in situ permitieron monitorear durante la polarización catódica la formación de H_2 y NH_3, proporcionando información sobre las rutas de reacción involucradas.

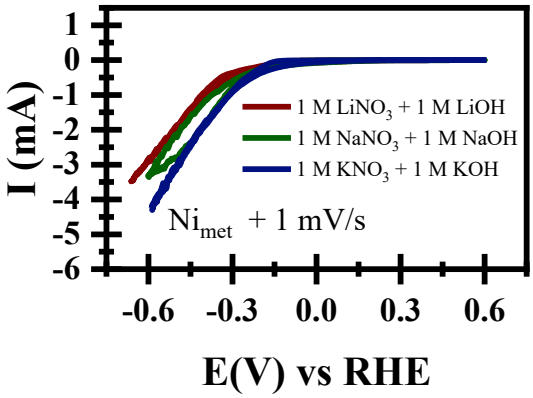


Figura 1. Características corriente-potencial para Ni metálico en presencia de varios electrolitos.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian la influencia de los cationes alcalinos sobre los procesos interfaciales involucrados en la electroreducción de nitratos sobre Ni metálico. La combinación de técnicas in situ, DEMS y espectroscopia Raman, permitió identificar especies intermedias volátiles y acuosas, para dilucidar rutas de reacción asociadas a la formación de NH_3 e H_2.

5. REFERENCIAS

[1] Castañeda-Morales, E., Rodríguez-Olguín, M. A., Gómez-Gómez, F. A., Ruiz-Zepeda, F., Gardeniers, H., Manzo-Robledo, A., & Susarrey-Arce, A, *Chemical communications*, 62(22), 6151-6154, (2026).

Óxidos mixtos asistidos con ultrasonido para su aplicación como electrocatalizadores en la producción de hidrógeno: Análisis electroquímico comparativo

Presentación **Poster**

Gloria Mariana Bahena-Gutierrez*, Arturo Manzo-Robledo, Laura Veronica Castro-Sotelo

Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio de Electroquímica y Corrosión, AIP-ESIQIE-IPN, UPALM, Zacatenco, C.P. 07738, Ciudad de México, México.

Instituto P. Nal., Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, UPALM. Zacatenco, C.P. 07738, Ciudad de México, México.

E-mail: *idt31tv.gmbg@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El hidrógeno se ha posicionado como la fuente de energía alternativa más prometedora para reducir el uso generalizado de los combustibles fósiles y su producción mediante electrólisis demanda el desarrollo de materiales idóneos para sistemas electroquímicos eficientes. Los óxidos mixtos metálicos (MMOs) experimentan cambios en sus propiedades morfológicas y texturales, mejorando la actividad catalítica debido a la disposición de los sitios activos dentro del material. La síntesis por el método de ultrasonido optimiza la incorporación de diferentes metales a la estructura, generando efectos sinérgicos que mejoran las propiedades superficiales. El empleo de los MMOs en el ámbito de la electrocatálisis posee un potencial considerable, particularmente en el contexto de las celdas de combustible, que representan un enfoque innovador para esta aplicación [1,2]. En este trabajo se sintetizaron MMOs de MgAl y NiCo/MgAl para ser comparados electroquímicamente con el objetivo de evaluar su desempeño en la reacción de evolución de hidrógeno (HER) en medio alcalino.

2. METODOLOGÍA

Los óxidos mixtos se obtuvieron por calcinación a 700 °C en aire de precursores LDH de MgAl y NiCo/MgAl. Estos precursores se sintetizaron por coprecipitación usando nitratos metálicos y KOH como precipitante, incorporando un tratamiento con ultrasonido. El precipitado se lavó, secó y pulverizó previo a su activación térmica [2].

3. RESULTADOS

La caracterización estructural de las muestras se llevó a cabo mediante DRX y FTIR [2]. Su desempeño como electrocatalizadores en la producción de hidrógeno se evaluó mediante las técnicas electroquímicas VL, VC, EIS y espectrometría de masas electroquímica diferencial (DEMS). Se observa que las propiedades intrínsecas de los materiales modulan directamente la respuesta farádica en la VL (Figura1). La adición de dos metales en la estructura optimiza la cinética de la reacción (NiCo/MgAl MMO).

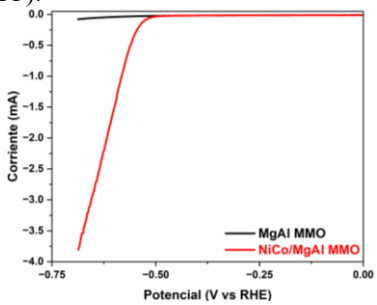


Figura 1. Perfiles de VL de los electrocatalizadores de MMOs de MgAl y NiCo/MgAl en medio alcalino.

4. CONCLUSIONES

Los resultados del análisis de espectrometría de masas in situ muestran diferencias en la cantidad de H_2 producido. La muestra de MMO de NiCo/MgAl presentó un rendimiento superior en la reacción de evolución de hidrógeno (HER) en comparación con todos los demás electrocatalizadores.

5. REFERENCIAS

[1] R. Gabriel, S. H. V. de Carvalho, J. L. da Silv Duarte, L. M. T. M. Oliveira, D. A. Giannakoudakis, I S. Triantafyllidis, J. I. Soletti, & L. Meili, *Applie Catalysis A: General*, **630**, 118470, (2022).

[2] H. Kalawoun, C. Ciotonea, M. Marinova, Gennequin, & F. Delattre, *Ultrasonics Sonochemistr* **104**, 106806, (2024).

Evaluación de la remoción de Pb^{2+} mediante nanopartículas magnéticas de óxido de hierro y cuantificación por voltamperometría de pulso diferencial

Presentación **Poster**
F. Zilli Ríos[1*], B. A. Gómez Rodríguez[1]
[1]Facultad de Física, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México.
E-mail: fabriziozilli60@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados representan un riesgo potencial de daños a la salud debido a su alta toxicidad y fácil distribución en medios acuosos [1]. En particular, se espera que la producción mundial de plomo (Pb) aumente debido a la alta producción de automóviles y baterías para teléfonos móviles [2], por lo que es relevante buscar alternativas para su tratamiento en el ámbito de remediación ambiental. En este trabajo, se evalúa el uso de nanopartículas magnéticas de óxidos de hierro (IONPs) como material adsorbente del ion Pb^{2+}, como un método primario para el tratamiento de aguas contaminadas por este metal.

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron IONPs mediante la técnica de coprecipitación, utilizando como precursores sulfato de hierro, el cual aportó el ion Fe^{2+} y cloruro férrico, el cual aportó el ion Fe^{3+}, manteniendo una relación estequiométrica Fe^{3+}: Fe^{2+} = 2:1, necesaria para obtener la fase de magnetita. Se realizaron distintas pruebas en soluciones acuosas de Pb^{2+} a diferentes concentraciones, el proceso consistió en agregar X mg de IONPs en las soluciones de Pb^{2+} y mantenerlas en contacto durante un tiempo de T min para la adsorción. Después las IONPs fueron separadas mediante un imán externo y, la concentración residual de Pb^{2+} fue cuantificada mediante voltamperometría de pulso diferencial (DPV). Finalmente se cuantificó el % de remoción por la ecuación $[(C_0 - C_e)/C_0] \times 100$.

3. RESULTADOS

Las IONPs obtenidas se secaron a dos temperaturas distintas (70 °C y 100 °C), exhibiendo tonalidades negro y marrón-rojizo, respectivamente. Se detectó Pb^{2+} mediante DPV, ubicando el pico de corriente a un potencial de aproximadamente -540 mV. La curva de calibración presentó un coeficiente de determinación de R^2=0.997. Además de esto, se determinó un porcentaje de remoción de ~93%, dosis óptima de adsorción de 2.5 g/L, tiempo óptimo de contacto de 30 min, pH óptimo de adsorción de 5 y una capacidad máxima de adsorción q_{max} = 94mg/g, la cual se obtuvo mediante una isoterma de adsorción presentada en la Figura 1.

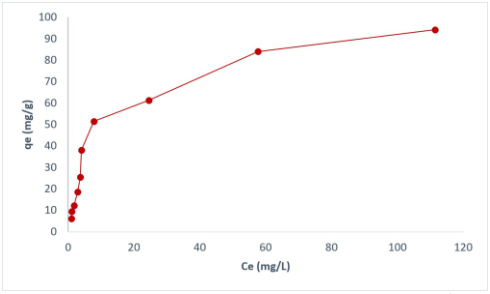


Figura 1. Isoterma de adsorción de Pb^{2+} sobre IONPs. Condiciones: C_0 = 10-250 mg/L, D = 1.5 g/L, pH = 5.0, T = 30 min.

4. CONCLUSIONES

Las IONPs demuestran ser una alternativa viable y eficiente como tratamiento primario de residuos acuosos contaminados con Pb^{2+}, resaltando que la temperatura de secado es un parámetro crítico de síntesis que condiciona directamente su desempeño adsorbente. Asimismo, este trabajo valida la utilidad de la voltamperometría de pulso diferencial (DPV) como una técnica electroquímica eficaz para el monitoreo y cuantificación de procesos de remediación ambiental.

5. REFERENCIAS

[1] T. E. Oladimeji, M. Oyedemi, M. E. Emetere, O. Agboola, J. B. Adeoye, O. A. Odunlami, *Heliyon*, 10, e40370, (2024).

[2] K. Raj, A. P. Das, *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 5, 79, (2023).

Efecto sinérgico de Ni–Co en la reducción electroquímica de nitratos en medio alcalino.

Presentación **Póster**

O. Alfonso Alemán[1*], J. A. Wang[1], A. Manzo Robledo[1], L. Chen[1]

[1]Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional, Colonia Zacatenco, C.P. 07738 Ciudad de México, México

E-mail: oalfonsoa2300@alumno.ipn.mx*

1. INTRODUCCIÓN

Los nitratos son uno de los contaminantes más comunes en las fuentes de agua, y sus altos niveles pueden causar eutrofización, efectos nocivos en la vida acuática y problemas de salud en los seres humanos [1]. Un enfoque prometedor para reducir el contenido de nitrato en el agua es la reutilización del NO^-_3 para obtener productos de mayor valor, como el NH_3 mediante reducción electroquímica. Actualmente, el amoníaco se obtiene principalmente mediante el proceso Haber–Bosch, el cual opera bajo condiciones severas de temperatura y presión, con un elevado consumo energético y una contribución significativa a las emisiones globales de CO_2 [2]. Diversos estudios han demostrado que metales de transición como Ni y Co presentan una alta actividad para la adsorción y transformación de nitratos, favoreciendo la formación de intermediarios reactivos y mejorando la eficiencia del proceso. Por ello, en este trabajo se evalúan electrocatalizadores monometálicos y bimetálico de NiCo soportados en carbono para la reducción electroquímica de nitratos en medio alcalino.

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron materiales monos y bi-metálico de níquel y cobalto soportados en carbón Vulcan por el método de impregnación. La caracterización estructural y superficial de los electrocatalizadores se analizó mediante XRD y XPS. La reacción de electro-reducción de nitrato en medio alcalino (1 KOH+0.1 M KNO_3) fue evaluada por técnicas electroquímicas como voltametría cíclica y espectroscopía de impedancia electroquímica. La técnica DEMS fue empleada para analizar las especies generadas durante el proceso redox.

3. RESULTADOS

La actividad electroquímica de Ni/C, $Ni_{50}Co_{50}$/C y Co/C hacia la reducción de nitratos fue evaluada mediante voltametría cíclica en 1 M KOH + 0.1 M KNO_3, a una velocidad de barrido de 5 mV/s. La incorporación de Co induce mayores corrientes catódicas y un desplazamiento del potencial de reducción hacia valores menos negativos respecto a Ni/C, evidenciando una mejora en la actividad electrocatalítica. El material Co/C presentó la mayor respuesta electroquímica, mientras que $Ni_{50}Co_{50}$/C mostró un comportamiento intermedio, sugiriendo el importante efecto del cobalto en la activación de NO_3^- y/o en las reacciones catódicas asociadas (Figura 1).

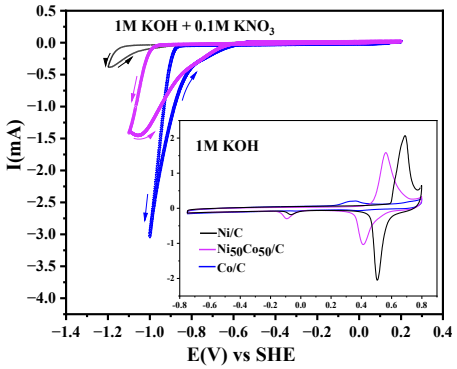


Figura 1. *Característica corriente-potencial en 1 M KOH + 0.1 M KNO_3 para los electrocatalizadores. Inserto: Solución libre de nitratos.*

4. CONCLUSIONES

Mediante voltametría cíclica fue demostrada la actividad electrocatalítica de los materiales Ni-Co/C para la reducción de nitratos en medio alcalino. Los resultados muestran que la composición Ni–Co influye en la actividad electroquímica y en la cinética de reducción de NO_3^-. Todos los materiales presentan selectividad hacia N_2, NH_3 e H_2 en diferentes proporciones, como fue demostrado por espectroscopía de masas *in situ*.

5. REFERENCIAS

[1] A. Manzo Robledo, M. L. Hernández Pichardo, *Materials Today Energy*, 41, (2024).

[2] L. Chade, Z. Lixiang, L. Hengije, F. Zhiwei, Y. Chunshuang, *Nature Sustainability*, 4, 868, (2021).

Desempeño electrocatalítico de nanocompósitos Cu/In soportados en carbón Vulcan para la reducción selectiva de CO_2.

Presentación **Poster**

H.S. Jacobo-Márquez* F.A. Gómez Gómez, M. G. Flores-Rico-Lopez A.A. Flores-Caballero, A. Manzo-Robledo, **

Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional. Colonia Zacatenco, C.P.07738, Ciudad de México, México.

E-mail: *hjacobom1600@alumno.ipn.mx, aafloresc@ipn.mx **amanzor@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

La concentración atmosférica de dióxido de carbono (CO_2) ha aumentado significativamente durante las últimas décadas, provocando problemas ambientales asociados al efecto invernadero y al cambio climático [1]. Por lo tanto, las emisiones de CO_2 y sus efectos tienen un papel crucial en la salud pública a nivel global. En este contexto, el objetivo del trabajo es evaluar el desempeño electrocatalítico de nanocompósitos Cu/In soportados en carbón Vulcan para la reducción electroquímica de CO_2, mediante su caracterización estructural y electroquímica, con la finalidad de identificar la composición con mayor actividad y selectividad hacia productos de valor agregado.

2. METODOLOGÍA

Para el estudio de la reducción electroquímica de CO_2 (CO_2RR), se prepararon electrocatalizadores de Cu, In y Cu/In (1:1) soportados en carbón Vulcan (C), utilizando $CuN_2O_6{\cdot}3H_2O$ y $InN_2O_9{\cdot}H_2O$ como precursores. La síntesis se realizó por el método solvotermal en presencia de urea. XRD y XPS fueron empleados para la caracterización estructural y química de los materiales. Para la evaluación electroquímica, las mediciones se realizaron en una solución de $KHCO_3$ saturada con CO_2 durante 20 minutos, usando espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) y espectrometría de masas electroquímica diferencial (DEMS).

3. RESULTADOS

Derivado de la caracterización por XPS, EIS y DEMS, con base a los mecanismos interfaciales durante la caracterización y evaluación de la reacción de reducción de CO_2; los diagramas de Nyquist obtenidos muestran diferencias importantes en la resistencia a la transferencia de carga (Rct) entre los electrocatalizadores evaluados. En particular, el material Cu_3In_1/C presenta el menor diámetro del semicírculo, asociado una disminución de la resistencia y una cinética de transferencia electrónica más favorable durante la CO_2RR como se muestra en la Figura 1. Este comportamiento sugiere una mayor eficiencia catalítica respecto a los materiales monometálicos, favoreciendo la reducción del CO_2 y la formación de productos como ácido fórmico (HCOOH).

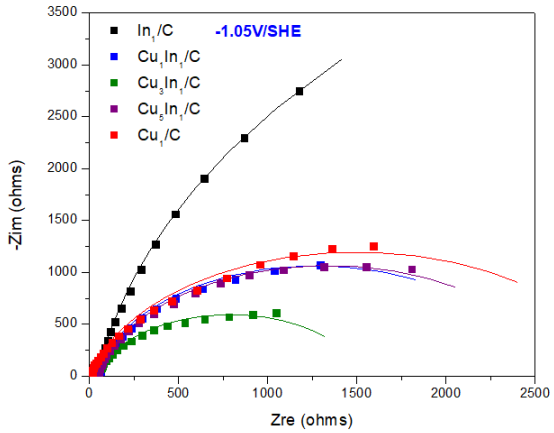


Figura 1. *Diagrama de Nyquist para los electrocatalizadores Cu_xIn_y/C en presencia de CO_2, a -1.05V vs SHE*

4. CONCLUSIONES

La incorporación de indio (In) en la matriz de cobre (Cu), permitió modular los procesos de adsorción/desorción, desplazando el sobrepotencial de inicio de la reacción de evolución de hidrógeno (HER) hacia valores más negativos. Esto indica que la presencia de indio induce la inhibición de la desorción de protones, favoreciendo la conversión de CO_2 a HCOOH y CH_4, como demostrado usando DEMS.

5. REFERENCIAS

[1] J.M. Mora-Hernández, W.I. González-Suárez, A. Manzo-Robledo, M. Luna-Trujillo, *Journal of CO_2 Utilization*, **47**, 101504, (2021).

Modulación de la reacción de evolución de oxígeno en medio alcalino utilizando electrocatalizadores basados en NiCu soportados en carbón vulcan y estructuras mesoporosas (C-SBA-15)

Presentación **Poster**

J.C. Tapia-Linares*, L.F. Chen**, J.A. Wang, A. Manzo-Robledo***
Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional, Colonia Zacatenco, C.P. 07738, Ciudad de México, México.
E-mail: *jtapial1602@alumno.ipn.mx, **lchen@ipn.mx, ***amanzor@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

La electrooxidación de compuestos orgánicos de cadena corta (alcoholes) se ha investigado debido a las diversas aplicaciones y el interés específico en pilas de combustible, específicamente en las pilas de combustible de metanol directo (DMFC). Es característico de la electrooxidación de alcoholes en medio alcalino la competencia directa de las reacciones de oxidación de dichos alcoholes (MOR) con la reacción de evolución de oxígeno (OER). En este trabajo se sintetizaron catalizadores bimetálicos de NiCu con el objetivo de hacer la comparación entre la OER y la electrooxidación de metanol (MOR) mediante DEMS permitiendo monitorear en tiempo real la evolución de oxígeno, los productos formados y el consumo de la molécula de prueba presente en el medio durante la polarización [1,2].

2. METODOLOGÍA

La reacción de electrooxidación de compuestos orgánicos de cadena corta en medio alcalino se llevó a cabo sobre la interfaz de catalizadores bimetálicos soportados en carbón vulcan y estructuras mesoporosas (SBA-15). Los materiales se sintetizaron vía impregnación-reflujo mediante la reducción de las sales precursoras con $NaBH_4$. Para la caracterización morfológica y estructural de los electrocatalizadores se utilizaron técnicas como XRD y TEM. Además, se realizaron mediciones electroquímicas por voltametría cíclica, espectroscopia de impedancia electroquímica y espectrometría de masas *in-situ* (DEMS).

3. RESULTADOS

Mediante DEMS se registraron señales de masa m/z= 16, 32 y 31 correspondientes a las especies [O^+], [O_2] y [CH_3O^-] respectivamente. La voltametría cíclica en presencia de metanol indica, que el doble soporte (C-SBA-15) tiene la capacidad de modular la reacción de evolución de oxígeno en medio acuoso alcalino [NaOH] en presencia de la molécula de prueba [CH_3OH] [Tabla 1].

Tabla 1. Comparación entre los catalizadores NiCu/C y NiCu/C-SBA-15 durante monitoreo *in-situ* de la reacción de oxidación de metanol en competencia con la reacción de evolución de oxígeno.

Catalizador	Señal masa/carga	Corriente iónica (A)
NiCu/C	m/z=16	$1.5x10^{-10}$
	m/z=32	$8.5x10^{-10}$
NiCu/C-SBA-15	m/z=16	$8.0x10^{-11}$
	m/z=32	$5.0x10^{-10}$

4. CONCLUSIONES

En este estudio se evidencia el efecto de los catalizadores bimetálicos basados en NiCu durante las reacciones en competencia MOR y OER. Se demuestra la capacidad del electrocatalizador NiCu/C-SBA-15 para modular la reacción de evolución de oxígeno, indicativo de la alta selectividad hacia la reacción de oxidación de metanol.

5. REFERENCIAS

[1] A. Manzo-Robledo, M. A. Kazakova, A. G. Selyutin, G. V. Golubtsov, D. M. Morales, and E. Castañeda-Morales, *Surfaces and Interfaces*, **46**, 104026, (2024).

[2] L.P.A Guerrero-Ortega, A. Manzo-Robledo, E. Ramírez-Meneses, J. Mateos-Santiago, L. Lartundo-Rojas, V. Garibay-Febles, *Hydrogen Energy*, **43**, 6117, (2018).

Evaluación fotoelectrocatalítica de nanopartículas de CeO_2-Pd en reacciones monitoreadas in situ en condiciones alcalinas.

Presentación **Poster**

*D. Soto Lara[1], , **A.A. Flores-Caballero[1], ***A. Manzo Robledo[1],M.G.Flores-Rico-Lopez[1], F.A.Gómez-Gómez[1] , A. Susarrey Arce[2], A. Alejo[3]

[1]Laboratorio de Electroquímica y Corrosión, Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE, UPALM, Ciudad de México, C.P. 07738.

[2]Departament of Chemical Engineering, Mesoscale Chemical Systems, MESA+Institute, University of Twente, PO Box 217, Enschede, 7500 AE, the Netherlands 1.

[3]Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC,CONICET-UNL)

E-mail: dani262301@hotmail.com* amanzor@ipn.mx***

1. INTRODUCCIÓN

La reducción electroquímica de CO_2 (CO_2RR) y la reacción de evolución de hidrógeno (HER) son procesos clave para la conversión y almacenamiento de energía. En este trabajo se evaluaron materiales de CeO_2 modificados con diferentes porcentajes de paladio para ambas reacciones en medio alcalino. El análisis se realizó mediante espectrometría electroquímica diferencial de masas (DEMS), con el fin de correlacionar el desempeño electrocatalítico de los materiales [1,2].

2. METODOLOGÍA

La identificación de las especies generadas durante las reacciones de CO_2RR y HER se llevó a cabo mediante espectrometría electroquímica de masas diferencial (DEMS). Para la preparación del electrodo, se elaboró una suspensión catalítica a partir de 5 mg de catalizador y 500 µL de isopropanol, la cual fue depositada sobre un electrodo de carbón vítreo, empleado como electrodo de trabajo. La cronoamperometría, utilizada para evaluar la estabilidad de los materiales bajo condiciones de oscuridad e iluminación, se realizó en una solución de H_2SO_4 0.5 M como electrolito soporte. Como fuente de iluminación, se empleó un LED de bajo consumo (10 W) con una intensidad de irradiación de 3 W/cm².

3. RESULTADOS

Los análisis de DEMS evidenciaron diferencias significativas en la reacción de evolución de hidrógeno entre las muestras evaluadas. El electrodo de carbón vítreo presentó una señal de H_2 de 6.5×10^{-12} A, mientras que la muestra CeO_2–0.5Pd mostró una disminución hasta 3.6×10^{-12} A, lo que sugiere una modificación de la actividad superficial inducida por la presencia de paladio. Por otro lado, al introducir CO_2 en el sistema CeO_2–0.5Pd, la señal de H_2 (m/z=2) aumentó hasta 1.4×10^{-11} (Tabla 1) , lo que indica una interacción entre el CO_2 y la superficie catalítica, favoreciendo la formación de especies hidrogenadas.

Tabla 1. Corriente iónica de evolución de hidrogeno de material basado en oxido de cerio y paladio y carbon vitreo en comparación con burbujeo de CO_2.

Muestra	H_2	H^+
Carbón vitreo	$6.5x10^{-12}$A	$8.5x10^{-13}$A
CeO_2-0.5Pd	$3.6x10^{-12}$A	$7.22x10^{-13}$A
CeO_2-0.5Pd con CO_2	$1.4x10^{-11}$A	$8.2x10^{-13}$ A

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos mediante DEMS indican que el material CeO_2–0.5Pd presenta una respuesta fuertemente dependiente de la presencia de CO_2. Aunque el catalizador, en ausencia de CO_2, disminuye la evolución de hidrógeno en comparación con el carbón vítreo, la saturación con CO_2 induce un incremento significativo en la señal de H_2.

5. REFERENCIAS

[1] W.I. Gonzalez Suarez, M. Luna Trujillo, J.M. Mo Hernandez, A. Manzo-Robledo, *Journal of Electroanalytic Chemistry,* **895**, 115493, (2021).

[2] A.G. Martínez Castillo, E. Castañeda Morales, A. Susarrey Arce, A. Manzo Robledo, M.L. Hernández Pichardo, *Ceramics International*, **1012**, 177921, (2026).

Reducción electroquímica de CO_2 usando catalizadores sintetizados NiCu/C

Presentación **Poster**

M. Villanueva-Sanchez*, L. F. Chen**, J. A. Wang, A. Manzo-Robledo***
Laboratorio de Electroquímica y Corrosión. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias. Extractivas. Instituto Politécnico Nacional, Col. Zacatenco, C.P. 07738, Ciudad de México, México.

E-mail: *mireyavillanueva219@gmail.com, **lchen@ipn.mx, ***amanzor@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

El CO_2 se encuentra en desequilibrio en la atmósfera teniendo consecuencias ambientales y sanitarias tales como el aumento de la temperatura global y es causa de afecciones respiratorias, por lo que existe el interés de desarrollar estrategias que permitan disminuir su concentración en el ambiente, en especial, la reducción electroquímica es un método seguro y económico que puede llevarse a cabo a temperatura ambiente y presión atmosférica que permite la conversión de CO_2 en productos de interés industrial [1]. En este trabajo se sintetizaron catalizadores NiCu/C con la finalidad de evaluar su actividad en la reacción de reducción de CO_2.

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron catalizadores de NiCu/C con el empleo de $NiCl_2$ y $CuCl_2$ como precursores mediante el método de impregnación [2] y se realizó la caracterización morfológica, estructural y química (XRD, SEM, TEM, XPS), así como electroquímica (voltametría cíclica, EIS, Raman in-situ, DEMS) empleando un medio de reacción neutro de $KHCO_3$ 1.0 M y básico de KOH 1.0 M en ausencia y en presencia de CO_2.

3. RESULTADOS

Los catalizadores NiCu/C mostraron su perfil característico mediante voltametría cíclica y un comportamiento diferenciado en la CO_2RR con los diferentes productos formados así como en la evolución de hidrógeno en ambos medios de reacción.

El electrolito $KHCO_3$ mostró su participación en las reacciones de reducción de CO_2 a través de la perturbación electroquímica del equilibrio bicarbonato/carbonato inducida por la polarización catódica, como demostrado por los espectros RAMAN in-situ, [Figura 1].

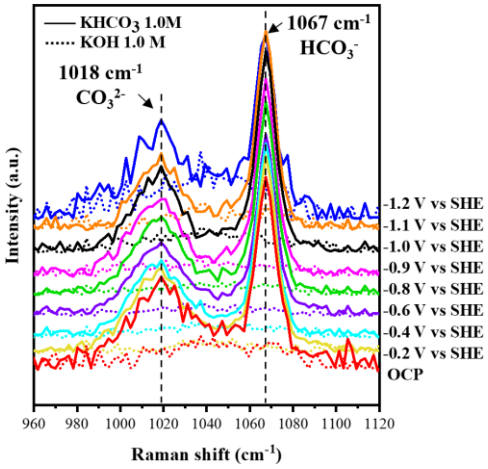


Figura 1. *Espectro Raman in-situ del catalizador $Ni_{50}Cu_{50}$/C en KOH 1.0 M y $KHCO_3$ 1.0 M en un rango de potencial de -0.2 a -1.2 vs SHE sin suministro externo de CO_2.*

4. CONCLUSIONES

La evaluación electroquímica por voltametría cíclica confirmó la composición metálica en los catalizadores. Durante polarización catódica, se mostró una actividad ligada a la composición así como a la concentración del electrolito demostrando la interacción del electrolito en la interfaz catalítica.

5. REFERENCIAS

[1] M. A. Rodríguez-Olguin, R. Lipin, M. Suominen, F. Ruiz-Zepeda, E. Castañeda-Morales, A. Manzo-Robledo, J. G. E. Gardeniers, C. Flox, T. Kallio, M. Vandichel and A. Sussarrey-Arce, *J. Mater. Chem. A.*, **12**, 32821, (2024).

[2] F. A. Gómez-Gómez, E. Castañeda-Morales, S. Vázquez-Bautista, Y. Li, L. Chen, J. A. Wang, E. Ramírez-Meneses, D.M. Morales, A.Susarrey-Arce, A. Manzo-Robledo. *Fuel*, **417**, 138654, (2026).

Caracterización de electrodos DSA para el pretratamiento de lodos aerobios

Presentación **Poster**

Guadalupe Luna Bautista[1], Pavel Cruz[1*], Selene González[1], Gregorio Guzmán-González[1], Ignacio González[1]

Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Secc., Iztapalapa, C.P. 09340, Ciudad de México, CDMX. México

E-mail: pavel-cruz@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Los ánodos dimensionalmente estables (DSA) son electrodos metálicos (generalmente titanio) recubiertos con óxidos de metales nobles, como rutenio, iridio entre otros, que presentan alta estabilidad química y electrocatalítica. Se utilizan extensamente en electroquímica, especialmente en procesos de electrólisis para tratamiento de aguas, debido a su baja sobretensión para la evolución de oxígeno y su larga vida útil. Con dopajes específicos son eficientes en la formación de cloro activo y/o radicales hidroxilos (•OH) presentan alta estabilidad ya que mantienen sus propiedades durante el proceso electroquímico.

En este trabajo sé caracterizaron dos tipos de electrodos DSA (Ti/Ru, Ti/Ru/Zr/Sb) en presencia de agua residual sintética; utilizando voltamperometría de barrido lineal (LSV) y espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) [1].

2. METODOLOGÍA

Los electrodos DSA se prepararon con el método Pechini con titanio como metal base. Se realizaron las caracterizaciones pertinentes para corroborar los recubrimientos. Se trabajó con agua residual sintética. Para la evaluación electroquímica, se realizaron LSV, se utilizó espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) en una celda de tres electrodos, donde el DSA fue el electrodo de trabajo, Ag/AgCl(s) de referencia y grafito como contraelectrodo. Se registraron espectros de impedancia en un intervalo de frecuencias de 100 kHz a 10 mHz con 8 puntos por década, a diferentes potenciales de celda menores al potencial de oxidación del agua determinado.

3. RESULTADOS

La LSV mostró que el electrodo de Ti/Ru/Zr/Sb cupa un menor potencial para llegar a la oxidación .14 V vs. Ag/AgCl(s)) en comparación con el ectrodo de Ti/Ru:, para Ti/Ru (1.20 V vs. g/AgCl(s)).

El análisis de los espectros de impedancia obtenidos a diferentes potenciales (Figura1) permitieron evaluar el área electroactiva; así como la actividad superficial de las láminas de Titanio recubiertas por óxidos metálicos. De esta manera se establece la eficiencia catalítica intrínseca para formar especies oxidante adsorbidas en la superficie, que sean capaces de liberar la materia orgánica de los lodos intemperizados (encapsulados).

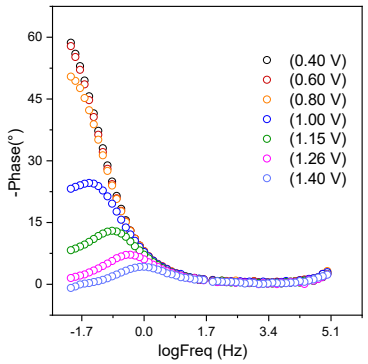


Figura 1. Diagramas de Bode obtenidos en el electrodo DSA (Ti/Ru/Zr/Sb) en agua residual sintética, a diferentes potenciales (vs. $Ag/AgCl_{(s)}$).

4. CONCLUSIONES

El electrodo binario Ti/Ru posee una mejor eficiencia catalítica intrínseca que el ternario, debido a que posee más sitios activos de Ru; mientras que la presencia s de Zr y Sb como óxidos (ternario) incrementan el área electroactiva y se favorece la formación de cloro activo.

5. REFERENCIAS

[1]García-Osorio, D. A., Vazquez-Arenas, J., & Jaimes, R. (2018). Revisiting Tractable Strategies to Determine the Activity/Inactivity of Electrocatalysts towards O2/•OH Production. *J. Electrochem. Soc*, *165*, J3101-J3108. https://doi.org/10.1149/2.0151815jes

International Journal of Hydrogen Energy, **38(29)**, 13011-13016, (2013).

Materiales bimetálicos (NiCu) soportados sobre C-TD para la reducción de nitratos en presencia de K^+ y Na^+: acoplamiento a la espectroscopia de masas.

Presentación **Poster**

A. G. Martínez-Castillo[1], A. Susarrey-Arce[2*], M. L. Hernández-Pichardo[1*], A. Manzo-Robledo[1*]

1 Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, IPN, Av. Instituto Politécnico Nacional S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, CP 07708 CDMX, Mexico 1.

[2] Department of Chemical Engineering, Mesoscale Chemical Systems, MESA+ Institute, University of Twente, PO Box 217, Enschede, 7500 AE, the Netherlands 2.

E-mail: a.susarreyarce@utwente.nl, mhernandezp@ipn.mx, amanzor@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua por nitratos está asociada a afecciones como el síndrome del bebé azul, la crisis de fertilizantes y la creciente demanda de producción limpia de hidrógeno. Esto ha impulsado el desarrollo de tecnologías que incluyan la reducción de nitratos (NO_3^-RR) y la evolución de hidrógeno (HER) [1]. En este estudio se utiliza un catalizador híbrido NiCu/C-$TD_{3:7}$, para modular la actividad catalítica ligada a la transferencia electrónica. En este sistema, el níquel actúa como sitio de hidrogenación del ion nitrato, mientras que el cobre mejora la adsorción y estabilidad de los intermediarios. La fase de soporte (30% carbono y 70% TiO_2 con vacancias de oxígeno) regula la cinética de adsorción/desorción y la densidad de sitios activos. Además, la selectividad del proceso se ve influenciada por el tipo de cationes presentes [2].

2. METODOLOGÍA

Las partículas amorfas de TiO_2 con vacancias se obtuvo por sol-gel/hidrotermal y tratamiento reductor (5% H_2/N_2, 400 °C, 2 h). Se sintetizaron las fases bimetálicas $Cu_{40}Ni_{60}$ (relación metal/soporte 1:9) sobre carbón Vulcan y TiO_2 defectuoso. El material se caracterizó por XRD, Raman y XPS; y la actividad electrocatalítica se evaluó mediante espectrometría de masas electroquímica diferencial (DEMS).

3. RESULTADOS

Es posible que el ion K^+, con un radio hidratado menor que el Na^+, modifique la interacción en los sitios activos bimetálicos-interfaciales y el soporte semiconductor. La presencia de la señal m/z=2 pone en evidencia la producción de H_2; mientras que la señal m/z=15, puede ser asignada a una fracción de amoniaco (Figura 1).

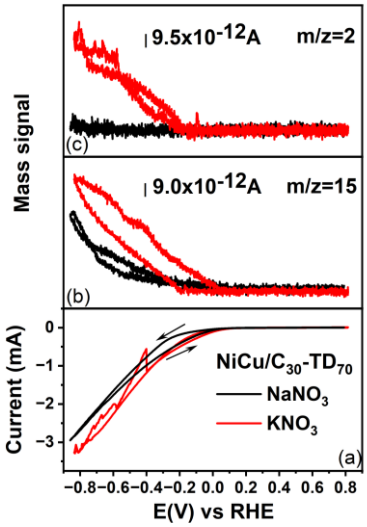


***Figura 1**. Perfil corriente-potencial de NiCu/C-$TD_{3:7}$ en presencia de: (a) 1M KNO_3^- + 1 M KOH y 1M $NaNO_3^-$ + 1 M NaOH. (b, c) Señales de masa en función del potencial.*

4. CONCLUSIONES

El sistema electrocatalítico muestra que el tipo de catión alcalino influye en la actividad y selectividad del proceso, destacando el efecto del radio iónico sobre la interacción redox electrodo/electrolito. Se confirma por DEMS la presencia de H_2 y el ion fragmentado de amoniaco, como especies detectadas durante el proceso catalítico-interfacial.

5. REFERENCIAS

[1] A. G. Martínez-Castillo, E. Castañeda-Morales, A. Susarrey-Arce, A. Manzo-Robledo and M. L. Hernández-Pichardo, *Ceramics International*, in press, (2026).

[2] R. E. Hester and R. M. Harrison, *Nanotechnology: Consequences for human health and the environment*, p. 134, Royal Society of Chemistry, Cambridge, (2007).

Uso de un disolvente eutéctico profundo como alternativa sustentable para el decapado de monedas metálicas históricas

Presentación **Póster**

D. Hernández-Pérez[1*], N. B. Sánchez-Piñon[1], J. Aldana-González[1], M. Palomar-Pardavé[1], P. Morale-Gil[2], A. Ezeta-Mejía[3], S. Corona-Avendaño[1], G. Vázquez-Huerta[1].

[1]Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales.

[2] Instituto Mexicano del Petróleo, Laboratorio de Caracterización de Materiales Sintéticos y Naturales.

[3] Departamento de Ingeniería Metalúrgica y Materiales, ESIQIE, Instituto Politécnico Nacional.

E-mail: dahepe@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión de monedas metálicas con valor histórico representa un reto importante para su conservación, ya que los métodos tradicionales de decapado utilizan soluciones ácidas que, además de generar un impacto ambiental, pueden ocasionar pérdida de material y dañar los detalles superficiales de las piezas. En este sentido, los Disolventes Eutécticos Profundos (DES) han surgido como una alternativa más sostenible gracias a su baja toxicidad, biodegradabilidad, fácil preparación y capacidad para remover de manera selectiva los productos de corrosión [1,2]. En el presente trabajo se busca emplear un DES como medio decapante de monedas con óxido natural con la finalidad de preservar el grabado original de la pieza, así como estudiar la capacidad de utilizar el disolvente como medio electrolítico para la recuperación de plata metálica empleando técnicas electroquímicas.

2. METODOLOGÍA

Con la finalidad de implementar el uso de los DES como medios decapantes se realizó el estudio en una moneda de plata oxidadas naturalmente, se sumergieron las muestras en un DES formado por cloruro de colina y urea denominado “reline”. Se dejo bajo agitación con ayuda de una parrilla magnética y un agitador, además, este proceso se realizó a diferentes temperaturas. Mediante las técnicas de voltamperometría cíclica y cronoamperometría se determinarán la temperatura más favorable para el proceso de recuperación de plata posterior al decapado.

3. RESULTADOS

La configuración del decapado se muestra en la Figura 1. Consiste en sumergir la moneda metálica en el disolvente eutéctico profundo reline a diferentes temperaturas, bajo agitación constante. Es importante observar que el estado inicial del sistema contiene el DES completamente líquido y transparente, el cual será comparado con el sistema después del tiempo de decapado establecido.

Figura 1. Configuración para el sistema de decapado de monedas utilizando el DES reline a diferentes temperaturas con agitación constante.

4. CONCLUSIONES

Es posible implementar un disolvente eutéctico profundo como medio decapante de monedas de plata para su preservación histórica, dando así una metodología más verde a comparación de medios acuosos tradicionales.

5. REFERENCIAS

[1] Smith, E. L., Abbott, A. P., & Ryder, K. S. Dee eutectic solvents (DESs) and their application *Chemical Reviews*, **114(21)**, 11060–11082, (2014).

[2] Sánchez-Ortiz, *et. al*. A Deep Eutectic Solvent Leaching Agent and Electrolytic Bath for Silv Recovery from Spent Silver Oxide Batteries. *Journal The Electrochemical Society*, **168(1)**, 016508, (2021).

Formación de película microbiana en electrodo a partir de alginato de sodio para producción de bioelectricidad en HA-CCM

Presentación **Poster**

José V. De La Cruz Rojas[1], Gabriela Roa Morales[2*], Jazmín A. Reyes Pérez[2], Claudia T. Cano Rodriguez[1]

[1].Facultad de Ingeniería, UAEMex; Cerro de Coatepec S/N, Ciudad Universitaria, Universitaria, Toluca, México C.P. 50110.

[2]Facultad de Química, UAEMex; P.° Colón S/N, Residencial Colón y Col. Ciprés Toluca, México C.P. 50120.

E-mail: jocruzro4245@uaemex.mx

1. INTRODUCCIÓN.

Los sistemas híbridos como el Humedal artificial – celda de combustible microbiana (HA-CCM) han comenzado a tomar relevancia como una solución ecológica para obtener electricidad y agua tratada. Uno de sus componentes críticos es el ánodo, quien marca la pauta de su desempeño eléctrico por el hecho de emplear bacterias mediante una biopelícula que lo cubre. Si la biopelícula no está fijada al ánodo puede darse una baja transferencia de electrones y en consecuencia una pobre producción de energía [1]. No obstante, la formación de una película bacteriana puede presentar dificultades cuando la superficie del material seleccionado no cuenta con la suficiente porosidad y rugosidad [2], por lo que se han utilizado gelificantes estabilizadores biodegradables como el alginato de sodio para que este proceso ocurra [3]. En esta investigación, se ocupó fieltro de carbono como material experimental para realizar una inoculación de forma directa e indirecta con la finalidad de comparar su comportamiento eléctrico y así determinar su escalamiento a otras superficies.

2. METODOLOGÍA

Se utilizó fieltro de carbono (FC) (3 cm x 3 cm x 0.5 cm). La inoculación directa se realizó con un inóculo proveniente de lodos activados en caldo de tripticaseína de soya en contacto directo con él (FC-LA). La inoculación indirecta se realizó sumergiendo el FC en una solución de $CaCl_2$ 0.1 M adicionando por goteo 20 mL de alginato de sodio enriquecido con 5 % de inóculo (FC-AS). Se usó multímetro marca STEREN básico para medir su resistencia. La caracterización del material se hizo utilizando voltamperometría cíclica en el potenciostato AUTOLAB modelo PGSTAT302N y Microscopia electrónica de barrido (SEM) con el microscopio JEOL JSM-6510LV.

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos con multímetro mostraron que el FC con tratamiento directo obtuvo la menor resistencia (3.1 Ω), seguido del electrodo sin tratamiento FC-LA (4.4 Ω), mientras que el electrodo FC-AC presentó mayor resistencia (7.5 Ω) (Fig.1). La superficie de los electrodos se caracterizó por medio de SEM para conocer el cambio en la superficie del material al depositarse la biopelícula microbiana [3]. El registro del potencial permitió observar los cambios en el potencial eléctrico antes y después de los tratamientos.

Figura 1. Muestra de a) FC b) FC-LA c) FC-AS.

4. CONCLUSIONES

El alginato de sodio como bioaglutinante resultó muy útil para la formación de bioánodos, permitiendo potencialmente escalarlo a otros materiales con superficies que cuentan con menos rugosidad y porosidad para que se adhieran los microorganismos, haciendo más accesible la generación de bioelectricidad y tratado de agua en HA-CCM.

5. REFERENCIAS

[1] M. M., Ghangrekar, S., Yadav & ,R. N., Yadava, *Biological and Hybrid Wastewater Treatment Technology: Recent Developments in India*; pp. 383–401, Springer Nature, Switzerland, (2024).

[2] A., Ratheesh, L., Elias, S., Muhammadhu, *ACS Applied Bio Materials*, **4**, 5809, (2021).

[3] L., Cheng, L., Jiang, X., Yang, *AMB Expr,* **14**, (2024).

Obtención electroquímica de biodiésel a partir de aceite de cocina usado

Presentación **Póster**

B. Sánchez Cerón[1], E. Méndez Albores[1,2], M. A. González Fuentes[1,2*]
[1]Posgrado en Ciencias Ambientales [2]Facultad de Ciencias Químicas.
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria CU, San Claudio S/N.
C.P.72570, Puebla, Pue., México.
E-mail: miguel.gonzalezfuentes@correo.buap.mx

1. INTRODUCCIÓN

El método electroquímico para generar biodiésel ha resultado novedoso debido al menor impacto ambiental respecto al uso de métodos convencionales [1]. Diversos residuos se han empleado para tal fin, sin embargo, uno de los más comunes es el aceite de cocina usado (ACU) el cual es considerado un residuo de manejo especial en México. La mala gestión de este residuo lo ha convertido en un contaminante del suelo y del agua [2]; no obstante, puede aprovecharse como materia prima para la generación de biodiésel. Por lo anterior, en este trabajo se empleó ACU para obtener biodiésel evaluando el material del electrodo, el potencial impuesto y la concentración de catalizador.

2. METODOLOGÍA

Se evaluaron tres materiales electródicos para obtener biodiésel: grafito en forma de barra, fieltro de grafito, y ánodos dimensionalmente estables (DSA) cuyas dimensiones geométricas fueron similares (0.6 cm x 2 cm). Cabe señalar que en cada experimento el mismo material se usó como ánodo y cátodo en una celda de dos electrodos.

El potencial de celda aplicado fue de 10 V, 20 V y 30 V. El catalizador empleado consistió en adicionar NaOH (w/w) en las proporciones 0.1 %, 0.25 % y 0.5 % y el medio electrolítico fue una mezcla de ACU: metanol (6:1). Además, se empleó NaCl (0.5 % w/w) como electrolito + 2 % de agua desionizada. El tiempo de electrólisis fue de 30 min.

Las muestras fueron caracterizadas por ^{1}H RMN, con una etapa previa de separación por 24 h tomando la fase superior.

3. RESULTADOS

Se realizó una prueba ANOVA (inserto, Fig.1) del área bajo la curva de I vs t (Q) obtenida con los diferentes materiales electródicos evaluados. Se observó que no hay diferencia significativa en el uso del material ya que $p>0.05$.

Sin embargo, de acuerdo con el comportamiento observado en la Figura 1, se determinó que el grafito fue el material que presenta estabilidad en la corriente de celda muestreada en comparación a los otros electrodos.

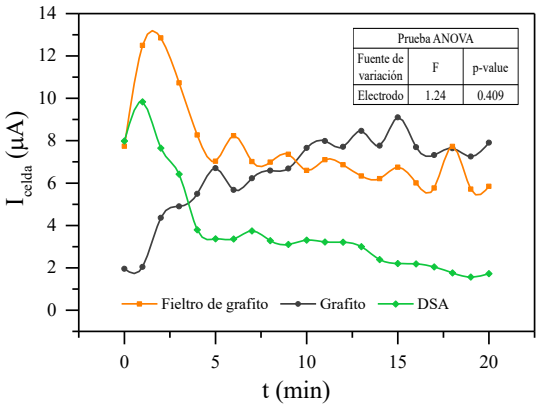


Figura 1. Monitoreo de la corriente de celda en función del tiempo de electrólisis durante el proceso de transesterificación electroquímica aplicando un potencial de celda de 20 V en cada material electródico.

4. CONCLUSIONES

El electrodo de grafito presentó mejor estabilidad en el monitoreo de la corriente muestreada por lo que en ese material se varió el potencial de celda y la proporción de catalizador, contrastando por ^{1}H RMN el porcentaje de conversión. En ese sentido, el mejor porcentaje de conversión fue del 66% ocupando 20 V y 0.5% de NaOH.

5. REFERENCIAS

[1] M. Sarno & E. Ponticorvo, *Fuel*, **267**, 117178, (2023).
[2] S. Jain & A.K. Chandrappa, *Environmental Science and Pollution Research*, **30**, 77981, (2023).

Evaluación del efecto del electrocultivo sobre la germinación y Desarrollo de cempasúchil (*Tagetes erecta* L.) en un suelo caracterizado fisicoquímicamente.

Presentación **Poster**

B. P. Hernández Mejía, E. Bonilla Gutierrez[1], J. A. Reyes Pérez, G. Roa Morales[2*], P. Balderas Hernández[3]

[1]Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEMéx. Campus "El Cerrillo", Toluca, Edo. Méx; 50295.
[2]CCIQS UAEM-UNAM. Carretera Toluca-Atlacomulco Km 14.5, Toluca, Edo. Méx; 50200.
E-mail: bhernandezm027@alumno.uaemex.mx

1. INTRODUCCIÓN

El **cempasúchil (*Tagetes erecta* L.)** es una especie de gran utilidad en diferentes áreas de la ciencia, además de ser parte importante de la cultura mexicana. La especie originaria ha disminuido por la introducción de especies modificadas [1]. Por tal motivo se han desarrollado técnicas que incrementen su resistencia, siendo el electrocultivo una buena opción [2,3]. El electrocultivo es una técnica basada en la aplicación de campos eléctricos para estimular procesos fisiológicos en las plantas, con potencial para mejorar la germinación y el crecimiento inicial de los cultivos de manera sustentable [2,3]. El presente estudio evalúa el efecto de la aplicación de campos eléctricos de baja intensidad sobre la germinación y el desarrollo inicial de **cempasúchil (*Tagetes erecta L.*)**.

2. METODOLOGÍA

Para el montaje experimental se empleó suelo original proveniente de la comunidad indígena de Tlachaloya Primera Sección. Asimismo, se realizó la caracterización fisicoquímica del suelo mediante la determinación de pH, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos disueltos, densidad aparente y materia orgánica, entre otros parámetros. Se establecieron tratamientos de 0.2 y 0.4 V/cm con sus respectivos testigos. Cada unidad experimental consistió en una celda con 500 g de suelo, donde se sembraron 20 semillas de cempasúchil ***(Tagetes erecta L.)*** distribuidas ordenadamente y colocadas a 1 cm de profundidad. Los campos eléctricos se generaron mediante electrodos de cobre en forma de placa colocados cara a cara, a una distancia de 14 cm, aplicando el estímulo durante 3 horas. Posteriormente, se monitoreó la tasa de germinación, la hidratación, la aparición de hojas verdaderas, así como la altura y el grosor del tallo de las plantas.

3. RESULTADOS

Los resultados preliminares mostraron una tasa de germinación favorable en los tratamientos con gradientes de 0.2 y 0.4 V/cm alcanzando porcentajes de germinación que van de 60 a 70 %, en comparación del control, la tasa de germinación es más lenta, cuando el tratamiento solventaba un 15 % de germinación en un periodo de 4 días, la gradiente testigo aún no contaba con germinaciones demostrativas.

Tabla 1. Montaje de Tratamientos 0.2 y 0.4 v/cm

4. CONCLUSIONES

Los resultados preliminares muestran diferencias en la respuesta de germinación entre los tratamientos y sus testigos. El monitoreo del crecimiento y la caracterización del suelo permitirán determinar el efecto del electrocultivo sobre el desarrollo inicial del cempasúchil.

5. REFERENCIAS

[1] M. A. Serrato Cruz, *El recurso genético del cempoalxóchitl (Tagetes spp.) de México (Diagnóstico)*, p. 11, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México, (2014).
[2] H. Ma, L. Wang, H. Ke, W. Zhou, C. Jiang, M. Jiang, F. Zhan y T. Li, *Scientia Horticulturae*, 329, pp. 1–2, (2024).
[3] R. Ahmed, M. T. R. Tamim y K. Dipu, *The Science of Electroculture: A Revolutionary Approach to Boosting Agricultural Productivity*, pp. 1–2, Dhaka, Bangladesh, (2025).

Degradación electroquímica del desetil-desisopropil-atrazina en un proceso acoplado con cátodos de difusión de gas

Presentación **Póster**

D. González Alcaraz, M.A. González Fuentes, E. Méndez Albores*
Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Ciudad Universitaria CU, San Claudio S/N. C.P. 72520, Puebla, Pue., México.
E-mail: erika.mendez@correo.buap.mx

1. INTRODUCCIÓN

La atrazina es un herbicida ampliamente utilizado en los cultivos de maíz y caña de azúcar en nuestro país. Debido a la absorción o transporte, se ha detectado su acumulación en cuerpos de agua donde el límite máximo permisible es de 3 µg/L [1]. La atrazina se descompone en productos intermediarios como la desetil-desisopropil-atrazina (DEDIA) los cuales no se encuentran regulados. La degradación de estos contaminantes se ha convertido en un reto debido a su baja biodegradabilidad [2]. Este trabajo presenta el estudio de la degradación del DEDIA en un sistema electroquímico acoplado con cátodos de difusión de gas (CDG). El propósito es generar *in situ* H_2O_2 sobre los CDG y posteriormente acoplarlo a un proceso Fenton. En este caso se analizó la eficiencia de generación de H_2O_2, así como el comportamiento de emplear iones Fe^{2+} a dos diferentes concentraciones (3.5 y 4.5 mM) para llevar a cabo el proceso Fenton en la degradación del DEDIA [3].

2. METODOLOGÍA

Los CDG (2.2 cm de diámetro) se elaboraron con fieltro de grafito recubiertos de una mezcla de: carbón Vulcan® + politetrafluoroetileno + etanol [4]. Este electrodo se dispuso en palalelo con respecto al ánodo (placa de carbón vítreo 1.7 x 1 x 0.3 cm). Se usó un sistema electroquímico en modo Batch inyectando oxígeno puro (99.5% a 1 L min^{-1}). El medio electrolítico fue 30 mL de Na_2SO_4 0.1 M a pH 3. La concentración del DEDIA fue de 60 ppm y el Fe^{2+} proveniente del $FeSO_4$ fue de 3.5 mM y 4.5 mM. El monitoreo de la generación de H_2O_2 se realizó por espectroscopía UV-Vis y la degradación del DEDIA se llevó a cabo por carbono orgánico total (COT).

3. RESULTADOS

La generación de H_2O_2 se realizó por una hora a las mejores condiciones operacionales encontradas, alcanzando 95 y 130 ppm de H_2O_2 a corriente constante de 0.01 A. Posteriormente se adicionó la sal de hierro a las concentraciones mencionadas en la metodología y se continuó la electrólisis por una hora adicional. En la Tabla 1 se muestra la concentración de H_2O_2 generado en cada experimento, así como el porcentaje de degradación del DEDIA.

Tabla 1. Generación del H_2O_2 y porcentaje de degradación del DEDIA.

$FeSO_4$ / (mM)	3.5	4.5
H_2O_2 / ppm	95	130
Degradación / %	52	55

De acuerdo con el análisis de COT para evaluar la degradación del DEDIA en la Tabla 1, se observó una degradación del 52 % y 55 % en ambas concentraciones de $FeSO_4$ (3.5 y 4.5 mM).

4. CONCLUSIONES

Fue posible generar entre 95 y 130 ppm de H_2O_2 aproximadamente durante 1 hora empleando los electrodos CDG y la degradación del DEDIA se llevó a cabo en un 50% con ambas concentraciones de hierro.

5. REFERENCIAS

[1] United States Environmental Protection Agency, "National Primary Drinking Water Standards". [En línea] Disponible: https://n9.cl/myvc6 [Consultado 17-Jul-2026].
[2] P. Iovino, S. Chianese, A. Fenti, J. Blotevogel, D. Musmarra, *Chem. Eng. J.*, **474**, 146022, (2023).
[3] J. Hong, N. Boussetta, G. Enderlin, N. Grimi, F. Merlier, *Molecules*, **27**, 9021, (2022).
[4] P.J. Marques Cordeiro-Junior, J. Lobato Bajo, M.R de Vasconcelos Lanza, M.A. Rodrigo Rodrigo, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **61**, 10660, (2022).

División 6

Corrosión y Tratamiento de Superficies (CTS)

Trabajos Orales

Susceptibilidad a la corrosión por picadura en las aleaciones AerMet 100 y 4340 mediante análisis en el dominio de la frecuencia de ruido electroquímico

Presentación **Oral**

M.S. Huerta-Zavala, C. Gaona-Tiburcio, J. Cabral M.,
F. Estupiñán L., F. Almeraya-Calderón *
Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.
Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica
E-mail: facundo.almerayacld@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los aceros de ultra alta resistencia están presentes en componentes críticos dentro de mundo industrial, la presencia o la susceptibilidad a la corrosión de estos materiales es un área de estudio importante dentro de la seguridad industrial, la corrosión localizada genera concentradores de esfuerzos lo que puede desencadenar a una falla del componente[1]. La técnica de ruido electroquímico es ampliamente utilizada para el análisis de susceptibilidad a corrosión localizada mediante la medición de fluctuaciones espontáneas en el potencial y la corriente en un sistema electroquímico [2]. En esta investigación se estudió la susceptibilidad que tienen las aleaciones Aermet 100 y 4340 a la corrosión por picadura, mediante el análisis en tiempo- frecuencia de ruido electroquímico, expuestos en 3 electrolitos; H2SO4, HCL y NaCl a temperatura ambiente.

2. METODOLOGÍA

Se realizo la caracterización metalográfica de las aleaciones AERMET 100 y 4340 mediante la norma ASTM-E3. El análisis de corrosión se llevó a cabo mediante la técnica de ruido electroquímico expuestos en tres electrolitos: H_2SO_4 al 1%, HCl al 1% y NaCl al 3.5%, mediante una adquisición de 1024 datos a una velocidad de 1 dato/s, utilizando una celda convencional de tres electrodos.

3. RESULTADOS

En la tabla 1 se observa los resultados del análisis de ruido electroquímico en el dominio de frecuencia, los resultados indican que el Aermet 100 presentan mayor resistencia a la corrosión en comparación al 4340 de acuerdo a los resultados de impedancia al ruido, Zn, este mismo comportamiento se presenta al analizar su respuesta en dominio de tiempo con resistencia al ruido, Rn. El análisis de las pendientes de PSD, concluyen que todas las aleaciones tienden a presentar corrosión localizada como mecanismo predominante. Empleando el uso de microscopio electroquímico de barrido (MEB) se confirma la presencia de daño localizado en forma de picadura en la superficie de los materiales [3].

Tabla 1. Resultados de PSD y Zn del AerMet 100 y 4340

Solution	Steels	Z_n ($\Omega \cdot cm^2$)	dB(A)·Decade^{-1}	Corrosion Type
H_2SO_4	AerMet 100	10.20 ± 0.06	−16.29 ± 0.14	Pitting
	4340	11.46 ± 0.04	−12.85 ± 0.08	Pitting
NaCl	AerMet 100	436.74 ± 14	−2.58 ± 0.005	Pitting
	4340	570.15 ± 4.6	−16.04 ± 0.09	Pitting
HCl	AerMet 100	1574.74 ± 15	−10.54 ± 0.56	Pitting
	4340	715.40 ± 5.3	−14.30 ± 0.78	Pitting

4. CONCLUSIONES

Los aceros de ultra alta resistencia son altamente utilizados en componentes críticos dentro del campo industrial, en análisis de ruido electroquímico en el dominio de tiempo-frecuencia demuestra que el AerMet 100 presenta mayor resistencia a la corrosión en comparación al 4340, este comportamiento se le atribuye a su composición química. Sin embargo, se concluye que ambos materiales son susceptibles a la corrosión localizada.

5. REFERENCIAS

[1] Almeraya-Calderón, F., Estupinán, et al, *Revista de Metalurgia*, *48*(2),147–156. https://doi.org/10.3989/revmetalm.1166
[2] Findlay, S.J.; Harrison, N.D. Why aircraft fail. Mater. Today 2002, 5, 18–25.
[3] Huerta-Zavala, M.S.; Gaona-Tiburcio, et al. Susceptibility to Pitting Corrosion of AerMet 100 and 4340 Alloys for Aeronautical Applications. Materials 2026, 19, 1397. https://doi.org/10.3390/ma19071397

Optimización del proceso de pasivación de aceros aeroespaciales mediante la metodología de Taguchi y análisis relacional de grises

Presentación **Oral**

J. A. Cabral Miramontes[1*], J. Villegas-Tovar[1], C. N. Cabral Miramontes[1], F. Almeraya Calderón[1], M. Lara Banda[1], F. J. Olguin Coca[2], C. Gaona Tiburcio[1].

[1]Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Centro de Investigación e innovación en Ingeniería Aeronáutica.

[2]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

E-mail: jose.cabralmr@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

La industria aeroespacial es uno de los sectores más exigentes en cuanto a la calidad, la seguridad y el rendimiento de los materiales, en el que cada componente debe cumplir con rigurosas normas de resistencia mecánica, resistencia a la corrosión y durabilidad en condiciones de funcionamiento extremas [1]. Los aceros inoxidables AM350 y CUSTOM 450 destacan por su combinación de mayor resistencia mecánica, tenacidad a la fractura y resistencia a la corrosión, características que los convierten en la opción preferida para componentes aeronáuticos de alto rendimiento. Este estudio presenta una investigación sobre la optimización de los parámetros del proceso de pasivación para aceros inoxidables AM350 y CUSTOM 450 con el fin de mejorar la resistencia a la corrosión de estas aleaciones ampliamente utilizadas en los sectores aeroespacial y aeronáutico, ya que, al tratarse de un proceso complejo, requiere la aplicación de un enfoque metodológico sólido que permita la optimización de múltiples respuestas [2, 3].

2. METODOLOGÍA

Los experimentos se diseñaron utilizando la metodología Taguchi, que proporcionó un marco sólido para examinar el impacto del material, el tipo de solución de pasivación, la concentración, la temperatura y la duración del proceso de pasivación en la resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables AM350 y CUSTOM 450. Para confirmar los parámetros ideales del proceso de pasivación de ambas aleaciones y medir la importancia de cada componente, también se emplearon el análisis relacional de grises (GRA) y el análisis de varianza (ANOVA).

3. RESULTADOS

Por medio de la metodología Taguchi, GRA y ANOVA se determinaron los parámetros optimizados que son: acero AM 350, solución compuesta por una combinación de ácido cítrico y ácido oxálico, una concentración de ácido del 25 % v/v, una temperatura de 50 °C, y un tiempo de 120 minutos. Esta combinación de parámetros dio lugar a mejoras significativas de hasta un 55 % en la resistencia a la corrosión en las soluciones de evaluación de H_2SO_4 y NaCl, lo que demostró la eficacia de las condiciones optimizadas.

4. CONCLUSIONES

La integración de la metodología de Taguchi-GRA con el ANOVA permite normalizar y combinar respuestas con diferentes escalas y criterios de rendimiento en un único índice relacional gris, lo que facilita la evaluación global del sistema permitiendo de esta manera optimizar el proceso de pasivado de aceros inoxidables.

5. REFERENCIAS

[1] P. A. Mouritz, *Introduction to Aerospace Materials*, p. 154, Woodhead Publishing, UK, (2012).

[2] M. Nalbant, H. Gokkaya, G. Sur, *Mater. Des.,* **28**, 1379, (2007).

[3] J. Cabral-Miramontes, C. Gaona-Tiburcio, Maldonado-Bandala, L. Juarez-Alejandro, M. Baltazar-Zamora, F. Estupiñan-Lopez, L. Landa-Ruiz, Olguin-Coca, L.D. Lopez-Leon, D. Nieves-Mendoza, Almeraya-Calderrón. *Coatings*, **15,** 1306, (2025).

CorroQuant: desarrollo de una plataforma móvil para cuantificación de corrosión basada en imágenes

Presentación **Oral**

C. Martínez Ramos[1], C. Gaona-Tiburcio [1], J.A. Cabral-Miramontes [1], M.R. Lara-Banda [1], F. H. Estupiñán-López [1], F. Almeraya-Calderón [1],
[1]Universidad Autónoma de Nuevo León
Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica
E-mail: cynthiamtzramos@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La inspección de corrosión y defectos superficiales forma parte sistemática de las rutinas de control de calidad, tanto en la fabricación constituyente de productos como en el mantenimiento de maquinaria e instalaciones necesarias para garantizar una operación segura.

Buscando vincular los nexos entre la investigación científica y la práctica en campo, se desarrolló CorroQuant, una aplicación móvil de libre uso que permite la cuantificación de corrosión superficial por medio de imágenes calibradas empleando procesamiento digital de imágenes y segmentación automatizada. El sistema permite identificar regiones corroídas y obtener métricas dimensionales escaladas mediante una referencia física incorporada durante la captura de imagen.

2. METODOLOGÍA

El sistema desarrollado se implementado como una aplicación móvil capaz de procesar imágenes obtenidas directamente desde cámara o galería. Inicialmente, se emplea una referencia física calibrada para determinar la relación dimensional entre pixeles y unidades métricas reales. Posteriormente, el usuario selecciona una región de interés correspondiente a la superficie metálica a analizar.

La imagen es sometida a etapas de preprocesamiento y mejora visual mediante reducción de ruido, normalización y realce de contraste. Posteriormente, se aplican técnicas de extracción de características y segmentación automatizada para separar regiones corroídas del resto de la superficie. Finalmente, el sistema cuantifica métricas escaladas de corrosión superficial basadas en imágenes calibradas.

3. RESULTADOS

La aplicación desarrollada permite la detección y segmentación de regiones corroídas en superficies metálicas mediante procesamiento digital de imágenes. Asimismo, el sistema es capaz de obtener mediciones dimensionales escaladas utilizando una referencia física incorporada durante la captura, permitiendo cuantificar porcentajes de área afectada, regiones detectadas y dimensiones equivalentes de defecto.

4. CONCLUSIONES

El sistema permite automatizar tareas de detección, segmentación y medición dimensional que tradicionalmente dependen de inspecciones visuales subjetivas. Los resultados obtenidos muestran el potencial de este tipo de herramientas para complementar labores de inspección en campo mediante alternativas accesibles, portátiles y de fácil implementación.

5. REFERENCIAS

[1] R. C. Gonzalez y R. E. Woods, *Digital Image Processing*, p. 637, Pearson Education, Nueva York, (2018).

[2] M. Nixon y A. Aguado, *Feature Extraction and Image Processing for Computer Vision*, p. 412, Academic Press, Londres, (2020).

[3] J. C. Russ, *The Image Processing Handbook*, p. 521, CRC Press, Boca Ratón, (2016).

Evaluación de la velocidad de corrosión y vida útil de aceros austeníticos de alta aleación para cables electromecánicos

Presentación **Oral**

M. A. Puon-Cortes[1], M. Á. Soto-Mendoza[1], R. G. Sánchez-Alvarado[1], A. Ezeta-Mejía[1*]

[1]Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Departamento de Metalurgia y Materiales. UPALM. Edificio 7, 07830, CDMX, México.

E-mail: aezetam@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la demanda mundial de recursos energéticos como hidrocarburos y gas natural ha dado paso a la extracción de éstos en ambientes cada vez más agresivos siendo la corrosión uno de los principales problemas derivados de estas condiciones extremas.

En el presente trabajo se llevó a cabo la evaluación electroquímica de la velocidad de corrosión en agua de mar sintética [1] de aceros austeníticos de alta aleación, UNS N08926 y S31277 empleados en la fabricación de cables electromecánicos (CEM) así como del acero al carbono UNS G10850, estimando la vida útil de los cables.

2. METODOLOGÍA

La evaluación electroquímica se realizó a temperatura y presión atmosférica en una celda convencional de tres electrodos. El electrodo de trabajo fue una sección de alambre (10 cm) montada en frío transversalmente, desbastada a una lija 600 (SiC); se empleó un electrodo de calomel concentrado 3.5 M KCl como referencia y una barra de grafito como contraelectrodo.

El electrolito empleado fue una solución de agua de mar sintética [1]. Se empleó un potenciostato *VersaSTAT 4* y se emplearon las técnicas de Pendientes de Tafel, LRP y EIS.

3. RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos, se estimó la vida útil de un CEM de construcción convencional (5/16") tomando en cuenta el adelgazamiento radial del 5% [2] de los alambres presentes en las armaduras y considerando una merma equivalente de su resistencia a la tensión. Los resultados más relevantes de este análisis se muestran en la Tabla 1.

En ella se observa una disminución drástica en la densidad de corriente de corrosión (j_{corr}) y en la velocidad de corrosión (V_{corr}) para los aceros de alta aleación en comparación con el acero al carbono.

Tabla 1. Velocidad de corrosión de los diferentes materiales en presencia de agua de mar sintética. E_{corr} vs. Calomel (3.5 M KCl), V.

Material	E_{corr}, V	j_{corr}, A cm^{-2}	Vcorr, *mpy*	Vida útil, *años*
G10850	-0.697	2.28E-05	10.624	0.516
N08926	-0.231	1.22E-07	0.0483	113.4
S31277	-0.247	8.96E-08	0.0365	166.9

4. CONCLUSIONES

Los materiales austeníticos de alta aleación (UNS N08926 y UNS S31277) exhibieron un desempeño electroquímico notablemente superior y una mayor resistencia a la degradación en agua de mar sintética aireada en comparación con el acero al carbono convencional.

Mientras que el acero G10850 alcanzaría una falla crítica en la resistencia a la tensión en solo 0.516 años (~188 días), las opciones altamente aleadas extienden la vida útil del cable electromecánico por encima de los 110 años bajo el mismo escenario de corrosión uniforme. Esto demuestra que el uso de estos materiales especializados es técnicamente viable para mitigar los efectos de ambientes marinos extremos.

5. REFERENCIAS

[1] ASTM International. (1998). *Standard practice for the preparation of substitute ocean water* (ASTM D1141-98).

[2] American Petroleum Institute. (2015). *Recommended practice for application, care, and use of wire rope for oilfield services* (API RP 9B, 14.ª ed.).

Evaluación electroquímica del omeprazol como inhibidor de corrosión sobre acero AISI1018 en diésel.

Presentación **Oral**

J.A. Zamudio Reynoso[1], D. Del Angel López[1], E. Onofre Bustamante [1]
[1]Instituto Politécnico Nacional, CICATA U. Altamira, Km 14.5 Carretera Tampico-Puerto Industrial Altamira, 89600 Altamira, Tamaulipas, México.
E-mail: jzamudior1701@alumno.ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN.

La corrosión del acero al carbono en sistemas de almacenamiento y transporte de diésel representa un gran problema debido a los costos asociados al deterioro de equipos e infraestructura. Aunque el diésel no es corrosivo por sí mismo, la presencia de agua y otros contaminantes favorece los procesos corrosivos. La Norma Oficial Mexicana NOM-016-CRE, que establece las especificaciones de calidad de los petrolíferos, no contempla la obligatoriedad del uso de inhibidores de corrosión en todos los combustibles comercializados, lo que abre la posibilidad de evaluar compuestos alternativos para la protección de materiales metálicos**.** En este contexto, el empleo de inhibidores de corrosión constituye una estrategia efectiva para reducir el daño en superficies metálicas. El presente trabajo evalúa el desempeño del omeprazol como inhibidor de corrosión en un medio de diésel mediante técnicas electroquímicas y de caracterización superficial cita [1,2,3].

2. METODOLOGÍA

La metodología incluye evaluar concentraciones de 50 a 1000 ppm mediante ensayos gravimétricos, curvas de polarización de Tafel y espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS).

3. RESULTADOS

Los resultados preliminares obtenidos mediante curvas de polarización de Tafel mostraron una disminución de la velocidad de corrosión en presencia de omeprazol. Para una concentración de 100 ppm se estimó una eficiencia de inhibición cercana al 65 % con respecto al sistema sin inhibidor. Asimismo, se observó un desplazamiento del potencial de corrosión de aproximadamente -290 mV (Figura 1).

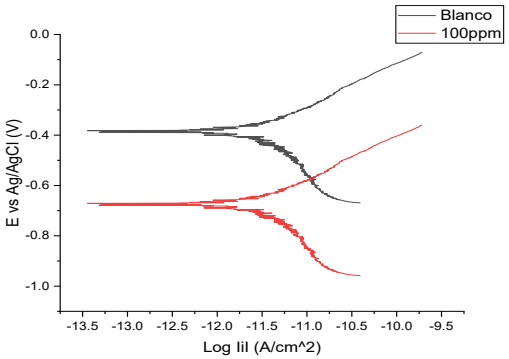


Figura 1. Curva de Tafel diesel (Blanco) y diesel con 100ppm de omeprazol.

4. CONCLUSIONES

Los resultados preliminares muestran que el omeprazol presenta potencial como inhibidor de corrosión diésel, alcanzando una eficiencia de inhibición cercana al 65 % a 100 ppm. El desplazamiento del potencial de corrosión sugiere un comportamiento predominantemente catódico.

5. REFERENCIAS

[1] *Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA)*, *Corrosion of Internal Components in USTs Storing Diesel Fuel*, (2023).

[2] *Comisión Reguladora de Energía*, *NOM-016-CRE-2016. Especificaciones de calidad de los petrolíferos*, Diario Oficial de la Federación, (2016).

[3] N. Vaszilcsin, A. Kellenberger, M. L. Dan, D. A. Duca y V. L. Ordodi, *Materials*, **16**, 5555, (2023).

Análisis y estudio electroquímico de un acero API 5L X65 en una solución sintética de suelo bajo condiciones de protección catódica intermitente.

Presentación **Oral**

C. S. Rios-Garin[1], J. G. González-Rodríguez[2], R. Galván-Martínez[1], R. Orozco-Cruz[1], A. Espinoza-Vázquez[1], M. A. Hernández-Pérez[1], A. Carmona-Hernández[1]

[1] Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

[2] Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, México.

E-mail: zS24025126@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión externa en tuberías de conducción de hidrocarburos enterradas representa un reto crítico para la integridad estructural. Aunque la protección catódica continua (PCC) mitiga la disolución anódica, demanda un suministro eléctrico constante que resulta ineficiente o inviable en zonas remotas operadas con energías renovables [1]. La protección catódica intermitente (PCI) surge como una alternativa sustentable basada en la inercia química e incremento de pH local durante los periodos de encendido (ON) [2]. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia anticorrosiva y el comportamiento electroquímico del acero API 5L X65 inmerso en una solución sintética de suelo (NS4) bajo regímenes de PCI conmutados de manera automatizada.

2. METODOLOGÍA

Se utilizaron probetas de acero API 5L X65 encapsuladas en resina epóxica (área expuesta: 1cm^2). Las condiciones evaluadas durante 45 días c/u fueron: corrosión libre, PCC y PCI (evaluando los ciclos transitorios: 6h ON/2h OFF y 12h ON/6h OFF). El monitoreo incluyó registros de pH, O_2, Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIE) y Ruido Electroquímico. La superficie y fases cristalinas post-exposición se caracterizaron mediante SEM-EDS y DRX.

3. RESULTADOS

Durante los periodos ON, las reacciones catódicas provocaron el agotamiento del oxígeno interfacial y la alcalinización local. El análisis por SEM-EDS y DRX bajo PCC demostró la precipitación eficiente de depósitos calcáreos pasivantes de Calcita ($CaCO_3$) y Siderita ($FeCO_3$). Las pruebas de EIE demostraron que, en los regímenes de PCI evaluados, la resistencia a la transferencia de carga se mantuvo en órdenes de magnitud comparables a la PCC (ver Figura 1) gracias a la persistencia protectora de la capa calcárea durante los periodos OFF, optimizando la eficiencia energética global.

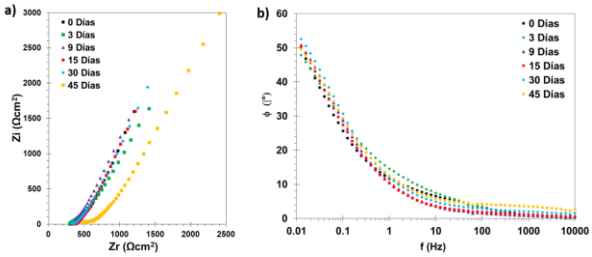


Figura 1. a) Diagrama de Nyquist y b) Bode del metal API 5L X65 expuesto en condiciones de PCC en una solución NS4 durante 45 días.

4. CONCLUSIONES

La PCI controlada electrónicamente es capaz de sostener niveles de protección comparables al sistema continuo tradicional en soluciones sintéticas de suelo NS4. Las modificaciones químicas benéficas en la interfaz metal-electrolito persisten tras interrumpir la corriente, permitiendo que la capa calcárea de calcita y siderita actúe como barrera difusiva estable durante la despolarización.

5. REFERENCIAS

[1] F. Martinelli-Orlando, *Cathodic Protection Mechanisms of Steel in Soil*, Doctoral dissertation, ETH Zurich, (2023).

[2] Lampertico L. *Effect of Intermittent Cathodic Protection on Potential and Corrosion Rate of Carbon Steel in Soil Simulating Solution*, Politecnico di Milano (2017).

[3] U. M. Angst, *Corrosion*, **75**, 1420, (2019).

Desempeño de la L-cisteína en la protección contra la corrosión de vidrios metálicos Ni–Nb en medio con 3% de NaCl

Presentación **Oral**

I. N. Montero López[1], A. G. Soriano Carranza[2], A. Espinoza Vázquez[1], M. A. Hernández Pérez[1], G. E. Negrón Silva[3], R. Orozco Cruz[1], I. A. Figueroa Vargas[2]

[1]Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, CP 94292, Boca del Río, Veracruz, México.

[2]Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, CP 04510, Ciudad Universitaria, Coyoacán, CDMX, México.

[3]Universidad Autónoma Metropolitana, Alcaldía Azcapotzalco, CP 02128, CDMX, México.

E-mail: araespinoza@uv.mx, iafigueroa@unam.mx

1. INTRODUCCIÓN.

Los vidrios metálicos son materiales amorfos con estructura vítrea, pero con composición metálica, que se destacan por sus propiedades como resistencia al desgaste, dureza, y elasticidad. Este tipo de materiales combinan propiedades características del vidrio común y los metales, tales como elevada dureza, resistencia mecánica y comportamiento elástico [1].

Estudios han mostrado que los vidrios metálicos tienen una elevada resistencia frente al fenómeno de corrosión, pero no se convierten en inmunes [2]. Hoy en día no se encuentra en la literatura información acerca de métodos de protección para vidrios metálicos; es por ellos que en este trabajo se estudia a L-cisteína como potencial inhibidor de corrosión; ya que presenta grupos (figura 1) que favorecen su interacción con la superficie metálica.

2. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una preparación superficial de desbaste con papel de SiC 1500, enjuagada con agua destilada y secada con acetona. Posteriormente, se utilizaron diferentes concentraciones de L-cisteína (5, 10, 20, 50 y 100 ppm) que son agregados a una solución corrosiva de NaCl 3%. Para la evaluación electroquímica se utilizó un arreglo de 3 electrodos: cinta de NiNb como electrodo de trabajo con un área de 0.3 cm^2, un contraelectrodo de grafito y un electrodo de referencia de Calomel, utilizando OCP (30 min), EIS (Amplitud: 10 mV, Rango de frecuencia: 10000 a 0.01 Hz y 10 puntos por década) y CP (Rango de potencial de ±0.3 V y velocidad de 1 mV/s). Para obtener los parámetros electroquímicos los datos en EIS fueron ajustados mediante circuitos eléctricos equivalentes.

3. RESULTADOS

La Tabla 1 presenta los parámetros electroquímicos obtenidos a diferentes concentraciones de la L-cisteína, los cuales muestran eficiencias arriba del 95% en cada una de las concentraciones, teniendo los valores más altos las concentraciones de 5 y 100 ppm.

Tabla 1. Parámetros electroquímicos obtenidos mediante EIS ajustando con circuitos eléctricos.

C (ppm)	Rs (Ωcm²)	n1	Cdl (μF/cm²)	Rtc (Ωcm²)	Cf (μF/cm²)	Rmol (Ωcm²)	Rtotal (Ωcm²)	η (%)
0	13.1	0.930	0.785	1734	0.602	664000	665734	
5	15.1	0.800	25.368	487600	37.730	182.30	487797	99.6
10	3.7	0.948	15.937	68900	48.850	143.90	69048	97.5
20	3.9	0.943	14.841	78940	53.870	0.59	78945	97.8
50	5.1	0.865	10.324	78530	5.788	80.35	78615.5	97.8
100	13.3	1.000	20.120	538100	18.961	106700	644813.3	99.7

4. CONCLUSIONES

La L-cisteína presenta un efecto inhibidor sobre el fenómeno de corrosión significativo sobre la superficie del vidrio metálico Ni-Nb en solución de NaCl al 3%, alcanzando un porcentaje de eficiencia favorable en todas las concentraciones. Sin embargo, tomando en cuenta la definición de un inhibidor, la concentración de 5 ppm sería la más ventajosa para utilizar en la industria.

5. REFERENCIAS

[1] Y. Yan, S. Xua, *MATEC Web of Conferences*, **175**, 01011(2018).

[2] A. G. Soriano, I. A. Figueroa, A. Espinoza, A. J. Rodríguez and L. Huerta, *JMEPEG*, **34**, 3453, (2025).

Desempeño inhibidor de una mezcla farmacéutica comercial de diosmina-loratadina sobre acero X65 en medio ácido (1 M HCl)

Presentación **Oral**

J.A. Ramírez-Cano[1], A.E. Mayoral-Lagunes[1], R. Galván-Martínez[1], R. Orozco-Cruz[1*]
[1]Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz, México. C.P. 94294
E-mail: jorgeramirez02@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de nuevas fuentes de inhibidores de corrosión eficientes y sustentables, los fármacos han surgido como una fuente alternativa prometedora [1]. Muchos de estos fármacos se desechan de forma indiscriminada, lo que ha dado lugar a un problema medioambiental grave por desechos químicamente activos que no siguen un procedimiento adecuado de disposición final. Los fármacos comerciales están constituidos por moléculas orgánicas con características estructurales que los hacen candidatos atractivos para su uso como inhibidores de corrosión. La diosmina es un flavonoide, utilizado para el tratamiento de afecciones del sistema circulatorio, posee propiedades antioxidantes que le confieren potencial como inhibidor de corrosión. Por otro lado, la loratadina es un antihistamínico de segunda generación, recetado para tratar alergias comunes, este compuesto ha sido evaluado previamente, demostrando un buen efecto inhibidor en acero X65 [2]. El presente trabajo evalúa, mediante técnicas electroquímicas, el efecto inhibidor de una mezcla farmacéutica comercial de diosmina-loratadina, sobre acero X65 en medio ácido 1 M HCl.

2. METODOLOGÍA

Se utilizaron tabletas comerciales de diosmina y loratadina de marca genérica, mismas que fueron trituradas para preparar las soluciones madre de inhibidor. Las concentraciones de prueba (10, 30, 50 y 100 ppm) medidas de forma individual para cada fármaco en solución, se obtuvieron por dilución en 40 mL de HCl 1 M. Se utilizó una configuración de tres electrodos donde el electrodo de trabajo es una muestra de acero X65 de 1 cm² de área embebida en resina epóxica, el electrodo de referencia es de calomel y el contra electrodo una barra de grafito. La preparación de superficie se lleva a cabo utilizando lijas de SiC con granulometría 320, 400 y 600. La secuencia experimental inicia con el monitoreo del potencial de circuito abierto, seguido de impedancia electroquímica y finaliza con curvas de polarización.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se observa la respuesta obtenida tras la incorporación de la mezcla diosmina-loratadina, su adición progresiva incrementa considerablemente la resistencia a la transferencia de carga. El efecto más significativo ocurre a 100 ppm (η≈92%), mientras que el mínimo se obtiene a 10 ppm (η≈76%), es importante mencionar que incluso en el mínimo la magnitud registrada de Rtc es significativamente mayor al blanco, lo que confirma el efecto inhibidor de la mezcla propuesta. Por otro lado, puede apreciarse una constante de tiempo, atribuible al proceso de adsorción de las moléculas orgánicas en la superficie de acero X65.

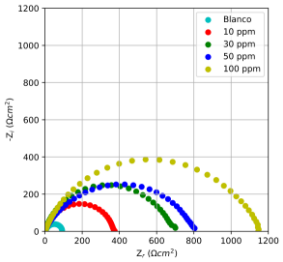


Figura 1. Diagrama de Nyquist para acero X65 en 1 M HCl a diversas concentraciones de mezcla diosmina-loratadina

4. CONCLUSIONES

Se evaluó el desempeño de la mezcla farmacéutica diosmina-loratadina como inhibidor de corrosión para acero X65, la adición progresiva generó un incremento en la magnitud de R_{ct}, en todas las concentraciones de prueba, obteniéndose el mayor efecto a una concentración de 100 ppm.

5. REFERENCIAS

[1] S. Tanwer, S.K. Shukla. *CRGSC*, **5**, 100227 (2022).
[2] J.A. Ramírez-Cano et al., *IJOES*, **19**, 100843 (2024).

Comportamiento de corrosión del acero AISI 1045 templado y sin templar utilizando 2-mercaptoimidazol como inhibidor

Presentación **Oral**

G. Pérez Castillo, D. Hernández Pérez, S. I. Rivera Hernández, C. O. Hernández Chávez, M. E. Refugio García, G. Vázquez Huerta *
Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana- Azc.
E-mail: gvh@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión en aceros al carbono como el AISI 1045 representa un problema técnico y económico relevante para la industria, debido a que compromete la vida útil, seguridad y desempeño de equipos, tuberías, estructuras y componentes metálicos expuestos a ambientes agresivos. Los inhibidores orgánicos como la imidazolina, el imidazol y sus derivados han surgido como particularmente efectivos, aprovechando sus diversas propiedades químicas [1]. En este trabajo se analiza el comportamiento corrosivo del acero AISI 1045 templado y sin templar, con y sin la presencia del 2-mercaptoimidazol como inhibidor de corrosión, se determina la dureza, microestructura, así como la velocidad de corrosión en cada caso.

2. METODOLOGÍA

Las probetas se cortaron de una barra de acero AISI 1045 de media pulgada, se identificaron y separaron en muestras con y sin tratamiento térmico de temple. El temple se realizó en una mufla (carbolite Gero) a una temperatura de 870 °C durante una hora, fueron retiradas de la mufla y enfriadas rápidamente en agua T_{amb}. Las probetas templadas y sin templar se sometieron a desbaste progresivo con papel abrasivo de diferentes granulometrías. Posteriormente, se pulieron con alúmina (0.3 μm) y se atacaron químicamente con nital 3%V/V para revelar la microestructura del acero en un microscopio óptico. La dureza de las probetas se determinó mediante el método Rockwell en escala HR_C. La resistencia a la corrosión se evaluó mediante espectroscopía de impedancia electroquímica, EIS, en una solución de NaCl al 3% como medio salino corrosivo, en ausencia y presencia de 2-mercaptoimidazol como inhibidor, empleando concentraciones de 50, 100, 200, 300, 400, 500 y 800 ppm, en un intervalo de frecuencias de 100kHz a 100 mHz, con ±10 mV en la señal de perturbación. Se empleó una celda electroquímica de tres electrodos, el electrodo de trabajo es la muestra de acero, el electrodo de referencia es de Ag/AgCl $_{sat}$ y el contraelectrodo una barra de grafito.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran los espectros de impedancia correspondientes al acero 1045 sin templar, se observan semicírculos distorsionados cuyo diámetro aumenta con el incremento de la concentración del 2-mercaptoimidazol.

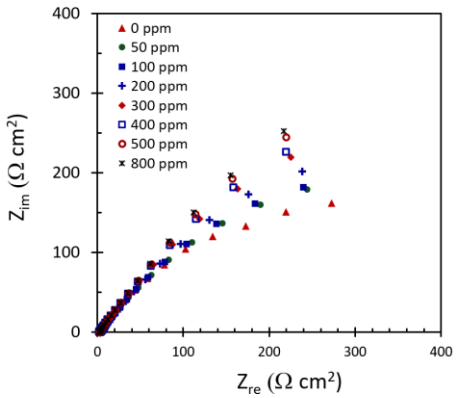


Figura 1. Curvas de impedancia del acero 1045 en una solución 3% NaCl, a diferentes concentraciones de 2-mercaptoimidazol, utilizado como inhibidor de corrosión.

4. CONCLUSIONES

En esta investigación se encontró que la microestructura es determinante en el comportamiento de corrosión de las probetas de acero 1045, en solución 3% NaCl, se encontró que el 2-mercaptoimidazol disminuye efectivamente el comportamiento corrosivo.

5. REFERENCIAS

[1] M. Ouakki, M. Galai, M. Cherkaoui, *J. Mol. Liq.* **345**, 117815 (2022).

Estudio del Ti-6Al-4V, acero 316L e hidroxiapatita-5%Mg como materiales sustitutos en el hueso humano

Presentación **Oral**

A. J. Sánchez Bello, D. Hernández Pérez, S. I. Rivera Hernández, M. E. Refugio García, G. Vázquez Huerta *
Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana- Azc.
E-mail: gvh@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los biomateriales han desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de dispositivos médicos utilizados para el tratamiento y recuperación de las complicaciones del cuerpo. Entre los materiales que han sido ampliamente utilizados se encuentran los aceros inoxidables y aleaciones de titanio, así como materiales de hidroxiapatita reforzados con metales [1,2]. En este trabajo se estudia y compara el desempeño del acero 316L, la aleación Ti6Al4V, la hidroxiapatita con 5%Mg (HAp-%5Mg) y hueso bovino utilizado como comparación, se realizan pruebas mecánicas y de corrosión, lo que permitirá determinar cuantitativamente que material presenta una mejor protección contra el deterioro, así como las propiedades más idóneas para el uso médico.

2. METODOLOGÍA

Se cortaron probetas de Ti6Al4V, acero inoxidable 316L y HAp-5%Mg acorde a la norma ASTM E9 para ensayos de compresión. Para los ensayos de dureza y pruebas electroquímicas las muestras se cortaron en secciones planas de 2cm de diámetro y 4mm de espesor, se sometieron a desbaste progresivo y diferentes granulometrías y se pulieron con alúmina (0.3 μm). El ensayo de dureza Vickers se realizó aplicando una carga de 500g a 1 kg, durante 10 segundos, para determinar la dureza. El ensayo de compresión uniaxial es en una máquina universal de ensayos mecánicos, se determinaron las propiedades mecánicas de módulo elástico, esfuerzo de fluencia y esfuerzo máximo a la compresión. La resistencia a la corrosión se evaluó con espectroscopía de impedancia electroquímica, en 0.1 M NaCl, en el intervalo de frecuencias de 100 kHz a 100 mHz, con ±10 mV de perturbación. Se empleó una celda electroquímica de tres electrodos, el electrodo de trabajo fue la probeta de Ti6Al4V, 316L, HAp-%5Mg y un hueso bovino. El electrodo de referencia es de Ag/AgCl $_{sat}$ y el contraelectrodo una barra de grafito.

3. RESULTADOS

Las curvas de impedancia del Ti6Al4V, acero inoxidable 316L y HAp-%5Mg, así como de hueso bovino utilizado como comparación, se muestran en la Figura 1. Las curvas muestran semicírculos distorsionados, en los cuales el diámetro se relaciona con la resistencia que ofrece el material a ser deteriorado en el medio 0.1M NaCl.

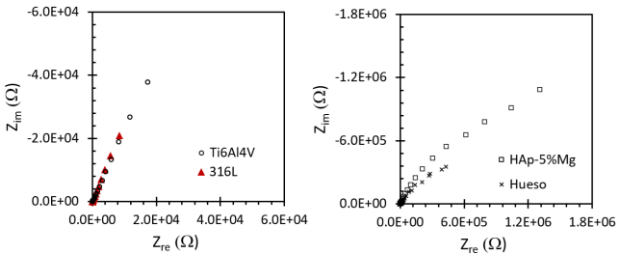


Figura 1. Diagramas de impedancia de: (○) Ti6Al4V, (▲) acero inoxidable 316L, (□) HAp-%5Mg, así como de (x) hueso bovino en solución 0.1M NaCl.

4. CONCLUSIONES

En esta investigación se determinaron las propiedades mecánicas y de resistencia de corrosión de Ti6Al4V, acero inoxidable 316L, hidroxiapatita-5%Mg como posibles materiales sustitutos de hueso humano. Se encontró que la HAp-%5Mg tiene una resistencia de corrosión similar al hueso bovino, pero tanto el Ti6Al4V como el 316L tienen una mayor resistencia, en solución 0.1M NaCl.

5. REFERENCIAS

[1] J. Caballero Sarmiento, E. Correa Muñoz, H. Estupiñán Duran, *Revista chilena de ingeniería,* **25**, 1 (2017).
[2] S. V. Dorozhkin, *Bioceramics of calcium orthophosphates. Biomaterials,* **31**(7), 1465 (2010).

Mecanismo de protección anticorrosiva de recubrimientos GO, SiO_2 y GO–SiO_2 depositados por APPJ

Presentación **Oral**

A. X. Maldonado Pérez[1], S. Huitrón Mercado[1,2], V. A. Nolasco Arizmendi[2], M. L. Mendoza López[3], J. de J. Pérez Bueno[1].

[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S. C., Parque Tecnológico Querétaro. Sanfandila, 76703, Pedro Escobedo, Querétaro, México. Email: (A.X.M.P.) amaldonado@cideteq.mx; (J.J.P.B.) jperez@cideteq.mx

[2] Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji, Avenida Universidad Tecnológica, No. 1000, El Carmen, 42830 Hgo., México. Email: (S.H.M.) huitronsonia62@gmail.com; (V.A.N.A.) victoralfredo.nolasco@uttt.edu.mx

[3] Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Querétaro, Av. Tecnológico s/n Esq. M. Escobedo Col. Centro, 76000 Querétaro, Qro. México; E-mail: maria.ml@queretaro.tecnm.mx (M.L.M.L.)

E-mail: amaldonado@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión de aleaciones metálicas representa un problema tecnológico y económico debido a la pérdida de material, reducción de vida útil y costos de mantenimiento. Las restricciones ambientales asociadas al uso de cromo hexavalente han impulsado el desarrollo de recubrimientos anticorrosivos libres de cromo con buen desempeño electroquímico y estabilidad interfacial. En este contexto, el jet de plasma a presión atmosférica (APPJ) surge como una alternativa atractiva para depositar recubrimientos funcionales sin requerir sistemas de vacío [1-2].

Materiales como el óxido de grafeno (GO), SiO_2 y sus híbridos GO+SiO_2 pueden mejorar la protección mediante efectos barrera, incremento de tortuosidad y reducción de la permeabilidad frente a especies agresivas en medios clorurados. Por ello, este trabajo compara recubrimientos APPJ basados en GO, GO+SiO_2 y SiO_2 sobre Al 3003 y AISI 304, evaluando su comportamiento mediante CPP, EIS, ruido electroquímico, adhesión y humectabilidad.

2. METODOLOGÍA

La metodología comparó recubrimientos de GO, GO+SiO_2 y variantes de sílice depositados por APPJ sobre Al 3003 y AISI 304. Las muestras fueron limpiadas, activadas por plasma y recubiertas durante 30 s empleando precursores de GO, TEOS, sílice coloidal o sol de sílice; algunas muestras recibieron tratamiento térmico a 250 °C por 15 min.

3. RESULTADOS

En aluminio, la sílice activada presentó los mejores indicadores de barrera según CPP y EIS, alcanzando una corriente de corrosión cercana a 2 $\mu A \cdot cm^{-2}$, una velocidad de corrosión de 0.01 $mm \cdot año^{-1}$ y una resistencia de poro superior a 3.2×10^4 Ω. Sin embargo, los sistemas híbridos GO+SiO_2 mostraron la mayor estabilidad frente a fluctuaciones electroquímicas, registrando Rn ≈ 7.5×10^3 Ω y menores valores del índice de picadura dentro del régimen de corrosión localizada. En AISI 304, los recubrimientos basados en GO presentaron el comportamiento más consistente, alcanzando la mayor resistencia de poro (1.62×10^5 Ω), una resistencia al ruido cercana a 1.0×10^4 Ω y valores del índice de picadura correspondientes a corrosión mixta, indicando una menor contribución relativa de eventos localizados. En conjunto, los resultados evidenciaron que el desempeño anticorrosivo depende de la interacción entre la arquitectura del recubrimiento, la estabilidad de la interfaz y el mecanismo de corrosión característico de cada sustrato.

4. CONCLUSIONES

El comportamiento protector de los recubrimientos se asocia con mecanismos barrera complementarios: el GO incrementa la tortuosidad para la difusión de especies agresivas, mientras que SiO_2 puede contribuir a la compactación y aislamiento de la capa. En los sistemas híbridos GO–SiO_2, la integración de ambos componentes puede reducir rutas preferenciales de permeación y favorecer una mayor estabilidad interfacial. Por ello, la protección obtenida depende principalmente de la continuidad, densificación y adhesión efectiva del recubrimiento sobre el sustrato.

5. REFERENCIAS

[1] M. Keidar, K.-D. Weltmann, S. Macheret, *Journal Applied Physics*, **130**, 080401, (2021).

[2] J. A. C. Mendez, V. N. M. Escobedo, Y. M. Vong, de J. P. Bueno, *Green Materials*, **10**, 11, (2022).

Estudio mediante RE de un sistema acero-concreto tratado superficialmente con nanopartículas de SiO_2, expuesto en agua de mar sintética.

Presentación **Oral**

I.R. Hernández-Cabrera[1], A. Landa-Gómez[2], Fajardo-San-Miguel[3], G. K. Pedraza-Basulto[4], S. E. Díaz-Méndez[4], A. Carmona-Hernández[5], R. Orozco-Cruz[5], R. Galván-Martínez[5*]

[1]Centro MICRONA, Universidad Veracruzana, Veracruz, México
[2]Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Veracruz, México
[3]Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México.
[4]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, México.
[5]Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
E-mail: rigalvan@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

El concreto reforzado (CR) es un material compuesto (acero y concreto) empleado en la construcción de diversas infraestructuras. La alcalinidad del concreto promueve la formación espontánea de una película de óxido férrico estable y fuertemente adherida (película pasiva) al acero, protegiéndola de la corrosión [1]. Debido a la porosidad del concreto, es posible el ingreso de iones Cl^- como en los ambientes marinos, corroyendo el acero embebido en el concreto [2]. Para mitigar este problema, se ha propuesto el uso de nanopartículas de SiO_2 (NP) aplicadas mediante un método de humectación, como método para bloquear poros en la matriz cementante [3].

2. METODOLOGÍA

Los CR (referencia, R y tratados con NP) se expusieron en ciclos de secado y de humectación en agua de mar sintética después de 28 días de curado. La medición de Ruido Electroquímico (RE) se realizó utilizando un arreglo experimental de tres electrodos, dos barras de AISI 1018 nominalmente idénticos (ET1 y ET2) embebidos en concreto, un electrodo de referencia $Ag/AgCl/KCl_{sat}$, registrando 1200 s, a 1 Hz (un dato por segundo).

3. RESULTADOS

Mediante la Transformada de Hilbert-Huang (THH) se evaluaron los CR (R y NP) hasta el día 182, en R se observó una señal de baja amplitud distribuida en bajas frecuencias, sugiriendo que la corrosión estuvo gobernada por procesos lentos (difusión de O_2, transporte de Cl^-, humedad interna, posible obstrucción parcial por productos de corrosión), para NP el espectro mostró zonas en frecuencias intermedias y bajas con picos localizados hacia tiempos avanzados, sugiriendo posible actividad localizada, transporte más restringido de Cl^- y posible actividad localizada, ver figura 1.

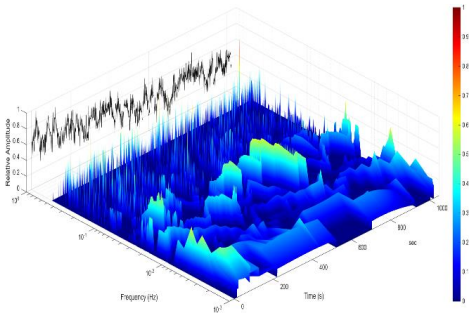


Figura 1. Espectro de THH del CR tratado con NP evaluado al día 182.

4. CONCLUSIONES

La aplicación superficial de NP en los CR, evaluados con RE, mostró la influencia de las NP sobre el comportamiento del acero, ante el proceso de corrosión.

5. REFERENCIAS

[1] W. K. Green, *Corrosion Engineering, Science and Technology*, **55.4**, 289, (2020).
[2] T. A. Tawfik, M. A. El-Yamani, S. Abd El-Aleem, A. Serag Gabr, G. M. Abd El-Hafez, *Asian Journal of Civil Engineering*, **20.1**, 135, (2019).
[3] G. Fajardo, A. Cruz-López, D. Cruz-Moreno, P. Valdez, G. Torres, R. ZAnella, *Construction and Building Materials*, **76**, 158, (2015)

Evaluación del desempeño anticorrosivo del extracto de *Mangifera indica* sobre acero API X100 en condiciones de flujo turbulento mediante Ruido Electroquímico

Presentación **Oral**

D Aquiles Avilés[1], G. K. Pedraza- Basulto[2], J. A. Herrera-Castillo[2], A. Carmona-Hernandez[3], R. Orozco-Cruz[3], M. Salas-Reyes[4], A. Espinosa-Vázquez[3], R. Galván-Martínez[3*]

[1] Centro MICRONA, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

[2] Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, México.

[3] Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

[4]Instituto de Química Aplicada, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México

E-mail: zS24025135@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

El acero de alta resistencia y baja aleación (HSLA), particularmente en grados avanzados como el API X100, constituye el pilar fundamental de la infraestructura moderna de transporte de hidrocarburos debido a sus excepcionales propiedades mecánicas [1]. En la búsqueda de alternativas sostenibles para la protección del acero API X100, el extracto de hoja de *Mangifera indica* ha destacado como un inhibidor verde de alta eficiencia debido a su rica composición de metabolitos secundarios con centros activos de adsorción [2]. La técnica de Ruido Electroquímico se empleó como una herramienta no intrusiva para monitorear las fluctuaciones espontáneas de potencial y corriente en la interfase acero API X100 / salmuera NACE. [3].

2. METODOLOGÍA

La extracción de los fitocompuestos se llevó a cabo mediante un método de extracción por solvente empleando metanol de grado analítico, utilizando una relación sólido/solvente de 1:20 (p/v). Este proceso se ejecutó bajo condiciones de agitación mecánica constante y calentamiento controlado para maximizar la recuperación de xantonas y polifenoles como la mangiferina. Se evaluó el extracto como inhibidor de corrosión utilizando la técnica de Ruido Electroquímico (RE) en un sistema constituido por un acero API X100 inmerso en salmuera NACE y diferentes concentraciones de extracto, tanto en condiciones estáticas como de flujo turbulento

3. RESULTADOS

El espectro obtenido para la hoja de mango revela una banda ancha e intensa a 3359.75 cm^{-1} véase en figura 1, correspondiente a las vibraciones de estiramiento del grupo hidroxilo (O–H), característica propia de xantonas y flavonoides [2]. Asimismo, se identificaron picos en 2921.63 cm^{-1} y 2852.19 cm^{-1}, asignados a los estiramientos simétricos y asimétricos del enlace C–H alifático, lo que indica la presencia de cadenas carbonadas en los fitocompuestos.

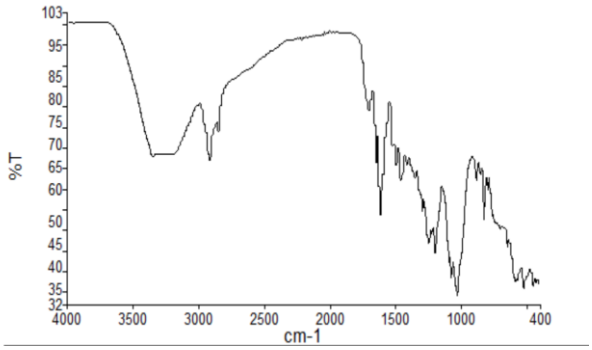


Figura 1. Espectro FTIR de el extracto de hoja (*Mangiferina Índica*)

4. CONCLUSIONES

La presencia de grupos funcionales hidroxilo y carbonilo detectados por FT-IR valida la capacidad del extracto para actuar como un inhibidor de adsorción mediante la formación de complejos organometálicos con el hierro. Bajo condiciones dinámicas, se observó un fenómeno de adsorción favorecida por el flujo. Así, el transporte de masa a condiciones de flujo turbulento facilita la llegada de los fitocompuestos a la interfase

5. REFERENCIAS

Libros

[1] J. Villavicencio et al., *Journal of Materials Research*, **9**, 4 (2020).

[2] I. M. Gadala, et-al, *Corr. Sci.,* **82**, 42, (2014).

[3] M. H. Rahmani et al., *Journal of Industrial and Engineering Chemistry,* **130**, 368, (2024)

Estudios de potenciales catódicos y de biocompatibilidad realizados en una Aleación CoCrMo borurada y sometida a un proceso de recocido por difusión

Presentación Oral

A.L. Pérez Calderón[1], I. Mejía-Caballero[1,*], R. Pérez Pastén Borja[2]. C. D. Reséndiz Calderón[3], M. E. Palomar Pardavé[1], I. E. Campos Silva[4], E. Refugio García[1], A. Rojas Severiano[1]

[1] Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 420, Colonia Nueva el Rosario, Alcaldía Azcapotzalco, Ciudad de México 02128, México
[2.] Instituto Politécnico Nacional, ENCB-Zacatenco, Av. Wilfrido Massieu 399, Nueva Industrial Vallejo, Gustavo A. Madero, 07700 Ciudad de México, México.
[3] Tecnológico de Monterrey Campus Toluca, departamento de Mecánica Y Materiales Avanzados, Avenida Eduardo Monroy Cárdenas 2000 San Antonio Buenavista, 50110 Toluca de Lerdo, México.
[4] Instituto Politécnico Nacional, Grupo Ingenieria de Superficies, SEPI-ESIME, U.P. Adolfo Lopez Mateos, Zacatenco, Ciudad de Mexico 07738, Mexico.
* E-mail: ivmc@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las aleaciones CoCrMo, son ampliamente utilizadas en implantes biomédicos por su elevada resistencia, al desgaste y a la corrosión. Sin embargo, cuando están expuestas en ambientes fisiológicos ocurre una degradación del material provocando liberación de iones metálicos. La borurización es una alternativa de modificación superficial que permite mejorar las propiedades químicas y mecánicas de los materiales. En este trabajo se evalúa el efecto de la borurización y del recocido por difusión y su comportamiento electroquímico en medios fisiológicos cuando se generan potenciales catódicos (-0.5V y -1V), potenciales asociados a la remoción de la capa pasiva por desgaste y corrosión [1].

2. METODOLOGÍA

Se emplearon muestras de la aleación CoCrMo, las cuales se sometieron a un tratamiento de borurización a una temperatura de 1000°C durante 6h para obtener capas de boruros bifásicas (CoB-Co_2B), posteriormente se sometieron a un proceso de recocido por difusión en ausencia de boro a una temperatura de 4h para generar una capa monofásica (Co_2B). Los ensayos de espectroscopía de impedancia electroquímica fueron realizados en soluciones fisiológicas simuladas, aplicando potenciales de OCP, -0.5, -0.75 y -1V, en un intervalo de frecuencias de 1 MHz a 100 mHz, utilizando una señal sinusoidal de ±10 mV.

RESULTADOS

El tratamiento de borurización permitió la formación de un sistema bifásico de CoB-Co_2B, y el tratamiento de recocido por difusión un sistema monofásico Co_2B. La capa Co_2B mostró una mejor resistencia a la corrosión en comparación con la capa CoB-Co_2B, comportamiento que fue muy similar al del material de referencia (CoCrMo sin tratamiento).

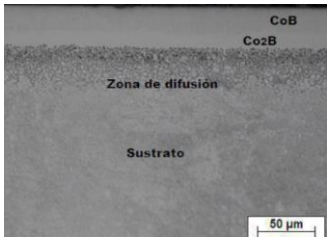


Figura 1. Sección transversal de la aleación CoCrMo sometida al proceso de borurización en polvo.

3. CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que potenciales catódicos muy negativos promueven la corrosión asociada a la fragilización por hidrógeno.

4. REFERENCIAS

[1] R. Namus, W.M. Rainforth, Biotribology, 3 100212, (2022).

Recubrimiento autocurativo basado en vinil-acrílico modificado y caolinita como portador de un medicamento caduco inhibidor de corrosión

Presentación Oral

O. A. González Noriega[1*], A. Flores Nicolás[2], C. A. García Peréz[3], A. K. Gálvez Larios[4], J. J. Martínez González[5], L. M. Alcantar Martínez[6].

[1,3,4]Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca Mor 62209, Mexico.

[2]Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada 22860, Mexico.

[5]Department of Analytical Chemistry, Faculty of Chemical Sciences, Complutense University of Madrid, Plaza de las Ciencias 2, 28040 Madrid, Spain.

[6]Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Zacatenco, Ciudad de Mexico, 07738, Mexico

E-mail: ingomarglezn@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión atmosférica ha sido estudiada ampliamente durante años con base a las normas ASTM e ISO, sin embargo, se siguen desarrollando nuevos métodos para mitigar la corrosión en ambientes marinos, industriales o la combinación de ambos [1]. Un área de constante estudio son los recubrimientos inteligentes que consta de un recubrimiento modificado con partículas que almacenan inhibidores de corrosión, de esa forma cuando el recubrimiento falla ya sea por falla mecánica, cambio de pH, etc. se activa la liberación controlada del inhibidor de la corrosión para prolongar la vida útil del material [2,3].

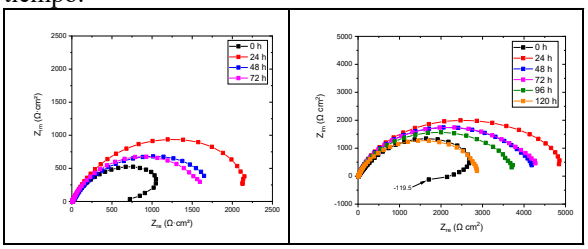
2. METODOLOGÍA

El recubrimiento inteligente evaluado se desarrolló a base de una pintura vinil acrílica con la adición de caolinita obtenida de desecho de arcilla la cual se trató térmicamente y se cargo con un inhibidor a base de medicamento caduco omeprazol. Para la matriz experimental se varió el porcentaje en peso de caolinita cargada que se agregó al recubrimiento.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se presentan los diagramas de Nyquist, en el caso de (a) del acero AISI 1018 en ausencia y (b) presencia del recubrimiento inteligente. De acuerdo con el diagrama es posible observar el incremento de su resistencia a la transferencia de carga consiguiendo reducir hasta un 51% su valor.

Figura 1. Diagramas de Nyquist del acero AISI 1018 y material con recubrimiento inteligente evaluados en la solución 0.1 M Na_2SO_4+3%wt NaCl a lo largo del tiempo.



4. CONCLUSIONES

Con base en los resultados de impedancia la concentración de caolinita que proporciona mejores resultados es 10%wt de caolinita cargada con el inhibidor a base de omeprazol caduco, alcanzando una eficiencia de 51%.

5. REFERENCIAS

1. Morcillo, M., Díaz, I., Cano, H., Chico, B., & de la Fuente, D. (2019). *Atmospheric corrosion of weathering steels. Overview for engineers. Part I: Basic concepts*. **Construction and Building Materials, 213**, 723–737. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.334

2. Yan, L., Song, G.-L., Wang, Z., & Zheng, D. (2021). *Crevice corrosion of steel rebar in chloride-contaminated concrete*. **Construction and Building Materials, 296**, 123587. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123587

Evaluación electroquímica de sustancia puras de origen natural como inhibidores de la corrosión para el control del empañamiento en los objetos históricos de plata

Presentación **Oral**

J. Ortíz-Corona[1*], F.J. Garfias-Vasquez[1], F.J. Rodríguez-Gómez[2], R. Mata[3], A. Espinoza-Vazquez[4], J.L. Ruvalcaba-Sil[5].

Facultad de Química, [1]Depto. Ingeniería Química, [2]Depto. Ingeniería Metalúrgica, [3]Depto. Farmacia e [5]Instituto de Física, UNAM, México, Ciudad México.

[4]Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

E-mail: jortizcorona@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN.

Los objetos históricos de plata fueron elaborados en aleaciones de Ag-Cu, la más común fue la Ag 925 (*Sterling*), los cuales suelen ser exhibidos en diferentes sitios históricos y culturales. Cuando son expuestos en ambientes que contiene sulfuros tienden a empañarse (o corroerse), ocasionando cambios en su apariencia estética y pérdida de la superficie original, lo que representa un problema para su conservación ya que son únicos e irremplazables. Para el control de la corrosión en dichos objetos, los restauradores suelen aplicar inhibidores orgánicos que son empleados en el ámbito industrial, los cuales son tóxico y peligrosos. Una de las alternativas en las últimas décadas han sido los inhibidores verdes. Sin embargo, aún hay pocos estudios sobre inhibidores de origen natural que se puedan emplear para proteger los objetos plata [1-3]. De ahí que, se propuso evaluar el efecto de inhibición de la Perezona (P) y Hofmeisteria (H), para el control del empañamiento en la Ag 0.925 en una solución de $(NH_4)_2S$ 0.07% v/v mediante técnicas electroquímicas (espectroscopía de impedancia electroquímica (EIE), resistencia de polarización lineal (RP) y curvas de polarización (CP)).

2. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo un barrido de concentraciones de 0, 20, 50 100 y 200 ppm de P y H en $(NH_4)_2S$ al 0.07 %. Las mediciones se llevaron a cabo mediante un Potenciostato/Galvanostato: 1. E_{corr}, 30 min; 2. EIS: VA, ±10 mV; f (100 kHz–10 mHz); 3. RP, η ±300, 1 mV/s; 4. CP, η ±600, 1.11 mV/s. El arreglo de la celda fue: electrodo de trabajo, placa de Ag 0.925 (Ag9); contraelectrodo, placa de Pt; electrodo de referencia, Ag/AgCl.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra el comportamiento de la Ag 0.925 expuesta en $(NH_4)_2S$ con y sin H y P. Se observa que los espectros de impedancia presentar un semicírculo capacitivo, mientras que el de la P en apariencia esta deprimido. La Rp fue mayor para la H y disminuyó para la P en comparación con el blanco, conforme al análisis cualitativo de los diagramas de Nyquist, se deduce que la velocidad de corrosión (i_{corr}) aumentó con la P.

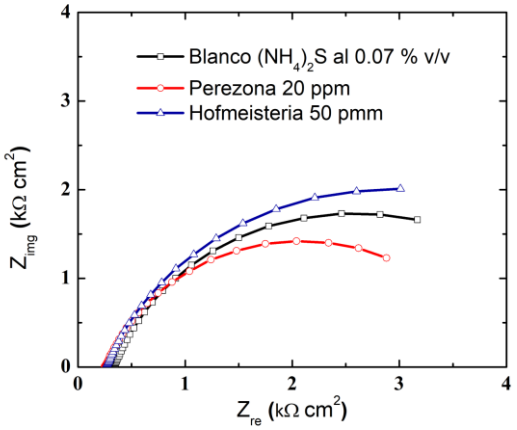


Figura 1. Diagramas de Nyquist Ag 0.925 inmersa en 0.07% de $(NH_4)_2S$ a diferentes concentraciones Perezona y Hofmeisteria.

4. CONCLUSIONES

Fue posible determinar el efecto de inhibición de corrosión de la P y H en la Ag9 mediante EIE, RP y CP. De dichas sustancias, la H fue la que presentó un mejor efecto de inhibición a una concentración de 50 ppm sobre la superficie de la Ag.

5. REFERENCIAS

[1] E. Cano et al., *J. Solid. State. Electrochem.*, **14,** 381 (2010).

[2] C. A. Grissom et al., *J. Am. Inst. Conserv.*, **52,** 82 (2013).

[3] A. Miralrio, A.E. Vazquez, *Processes.* **8,** 1 (2020).

Caracterización electroquímica por EIS y CPP de recubrimiento superhidrofóbico de nanopartículas de SiO_2 aplicado mediante spray en Al7075

Presentación **Oral**

J.M. Jáquez-Muñoz[1*], D. Cornejo-Monroy[2], B. Sánchez[2], P.Samaniego-Gamez[2]
[1]Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Departamento de Metal-Mecánica
[2]Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ingeniería y Tecnología.
E-mail: manueljaquez.22@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las industrias automotriz y aeronáutica esta siempre el desarrollo, y la búsqueda de nuevos materiales que pueden ser ligeros, con buenas características mecánicas y con un gran factor de seguridad. Dentro de los materiales utilizados se encuentra en la aleación aluminio 7075. Tiene muchas aplicaciones debido a las propiedades como la ligereza, resistencia mecánica, resistencia a la fatiga y a las altas temperaturas. Sin embargo, aunque presenta una resistencia a la corrosión, debido las condiciones atmosféricas a la que se exponen metales como el aluminio en una aeronave la industria se ha visto en la necesidad de utilizar recubrimientos e inhibidores, así como la utilización de pruebas electroquímicas que se han vuelto indispensables para la investigación y evaluación del comportamiento de la corrosión. Una de las opciones es la utilización de inhibidores hidrofóbicos generados a base de sol-gel. Para que se considere un hidrofóbico es necesario que alcance ángulos mayores a los 150° y dislocaciones menores a 10°. Esta investigación tiene por objetivo la caracterización del recubrimiento super hidrofóbico en el Al7075, con técnicas de polarización potenciodinámica cíclica y ruido electroquímico en electrolitos de NaCl y H_2SO_4 al 3.5% simulando una atmosfera salina.

2. METODOLOGÍA

La caracterización electroquímica se realizó con una celda de tres electrodos. las técnicas empleadas fueron: la polarización potenciodinámica cíclica (PPC) basado en la norma ASTM G61 con un rango de ± 800 mV vs. OCP. Las pruebas de ruido electroquímico registraron 2048 datos a una velocidad de 1 dato por segundo. El medio de exposición fue NaCl al 3.5% [8-10].

3. RESULTADOS

En la figura 1 se pueden observar los resultados de las PPC de las cuatro muestras dentro de NaCl al 3.5%. Todas las muestras presentaron una histéresis positiva lo que significa que hubo una corrosión por picaduras, exceptuando el aluminio pulido, quien presento una histéresis negativa, lo que significa que hay una corrosión uniforme en el ensayo.

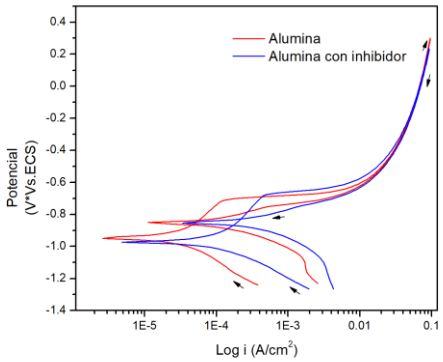


Figura 1. *PPC de alumino 7075 en NaCl al 3.5%.*

4. CONCLUSIONES

La muestra de aluminio con inhibidor presentó mejores propiedades contra la corrosión por las tres técnicas caracterizadas, indicando que tienen mayor resistencia contra la corrosión.

5. REFERENCIAS

[1] H. Cortón, E. Ojeda Armaignac, y K. Rodríguez Viamontes, "Evaluación De Inhibidores De Corrosión," Tecnología Química, vol. 23, no. 2, pp. 5–11, 2003

Estudio del proceso de corrosión del aluminio 6061 causado por *E. rostratum* usando como electrolito caldo de papa y dextrosa con y sin NPs de ZnO.

Presentación **Oral**

A. Vásquez-Márquez[1,2*], M.J. Alvarado-López[3], R.J. Delgado-Macuil[4], G. K. Pedraza-Basulto[5], A. Carmona-Hernández[1], R. Orozco-Cruz[1], R. Galván-Martínez[1]

[1]Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

[2]Centro MICRONA, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

[3]Facultad de Biotecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación de Puebla, Puebla.

[4]Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada-Instituto Politécnico Nacional, Tepetitla, Tlaxcala.

[5]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, México.

E-mail: alejvasquez@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión está relacionada con las reacciones de oxidación y reducción, y los procesos microbianos requieren de ambas. La Corrosión Inducida Microbiológicamente (MIC, por sus siglas en inglés) ha sido definida por NACE y ASTM como "la corrosión afectada por la presencia o la actividad, o ambas, de microorganismos" [1,2]. Los modelos de laboratorio para el estudio de la MIC constituyen herramientas para comprender los mecanismos mediante los cuales los microorganismos interactúan con los materiales metálicos y alteran su comportamiento electroquímico. [3]

2. METODOLOGÍA

El análisis electroquímico se llevó a cabo al inicio y al final de la fase exponencial de crecimiento de un hongo autóctono aislado de un dren de combustible de un helicóptero que fue identificada mediante técnicas moleculares para determinar secuencia del gen ITS. Para las mediciones se empleó una celda electroquímica de tres electrodos, conformada por un electrodo auxiliar de grafito, un electrodo de referencia Ag/AgCl y un electrodo de trabajo de aleación Al 6061. Adicionalmente, se incorporó un electrodo para el monitoreo del pH. Como electrolito se utilizó caldo PDB, al que se adicionaron NPs de ZnO a 200 ppm. Las CP fueron realizadas con una polarización de -500 a +500 mV con respecto al potencial de corrosión. La velocidad de barrido fue de 1mV/s; a 30 °C ± 1 °C.

3. RESULTADOS

La identificación del hongo autóctono demostró una identidad del 99.1% con secuencias depositadas en GenBank correspondientes a *Exserohilum rostratum*, lo que permitió determinar su identidad. Al inicio del experimento, se presentó mayor actividad corrosiva debido al desarrollo de la biopelícula y la producción de metabolitos, mientras que las NPs de ZnO reducen parcialmente la densidad de corriente. Al final, la maduración de la biopelícula y la presencia de NPs de ZnO favorecen una disminución marcada de la corrosión, reflejada en menores densidades de corriente y potenciales menos electronegativos.

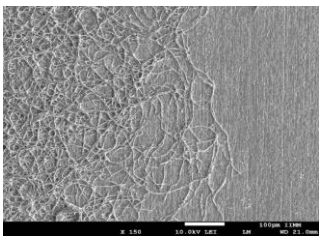


Figura 1. Micrografía electrónica de la biopelícula de *E. rostratum* sobre Al6061

4. CONCLUSIONES

La comparación de las curvas de polarización evidencia una evolución del comportamiento electroquímico de los sistemas durante la fase exponencial, evidenciando la afectación causada por el hongo.

5. REFERENCIAS

[1] B. J. Little & J. S. Lee, *International Materials Reviews,* **59**, 384, (2019).

[2] ASTM International. ASTM G193-22: Standard Terminology and Acronyms Relating to Corrosion; ASTM International: West Conshohocken, PA, 2022.

[3] J. Knisz, R. Eckert, LM. Gieg, A. Koerdt, JS. Lee, ER. Silva, TL. Skovhus, BA. An Stepec, SA. Wade, *FEMS Microbiol Rev*,**47**,5, (2023).

Estudio de tribocorrosión de una aleación AISI 316L sometida al proceso de borurización

Presentación **Oral**

I. Mejía-Caballero[1]*, A. D. Contla-Pacheco[2], R.C. Vega-Morón[3], M.E. Palomar-Pardavé[1], I. Campos-Silva[2]

[1]Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 420 Col. Nueva el Rosario, CP 02128, Ciudad de México.

[2]Instituto Politécnico Nacional, Grupo Ingeniería de Superficies, SEPI-ESIME, U.P. Adolfo López Mateos, Zacatenco, 07738, México, México

[3]Tecnológico Nacional de México/IT de Tlalnepantla, Av. Instituto Tecnológico, S/N. Col. La Comunidad, Tlalnepantla de Baz CP. 54070, Estado de México, Mexico

E-mail: ivmc@axc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La aleación AISI 316L es usada en aplicaciones biomédicas debido a la alta resistencia a la corrosión y biocompatibilidad. Este material está limitado en aplicaciones dentro del cuerpo como elemento de fijación (fracturas) debido a sus bajas propiedades mecánicas. El tratamiento termoquímico de borurización incrementa la dureza, la resistencia al desgaste y a la corrosión [1]. Investigaciones previas han demostrado que también tiene una adecuada biocompatibilidad [2]. En este trabajo se hace un estudio de corrosión-desgaste en el acero AISI 316L borurado aplicando un campo de corriente directa pulsante.

2. METODOLOGÍA

El tratamiento se realizó a 950°C durante 0.5 h, con una corriente de 10 A, con ciclos de inversión de polaridad de 10 s. El recocido por difusión se realizó a 1000°C durante 4h. Las pruebas de corrosión se realizaron con un barrido de potencial alrededor del $E_{OCP} \pm 300$ mV a 1 mV s^{-1}, en una solución de suero de ternera. Las pruebas de desgaste se realizaron con una carga de 20N, una contraparte de Al_2O_3 en una huella de desgaste de 2.5 mm con recorrido de total de 100m, a una velocidad de 10 mms^{-1}.

3. RESULTADOS

En el acero AISI 316L borurado se formó una capa FeB-Fe_2B, mientras que en el acero AISI 316L borurado sometido al tratamiento de recocido por difusión una capa Fe_2B. Los materiales borurados presentaron una mejor resistencia a la tribocorrosión en comparación con el material de referencia.

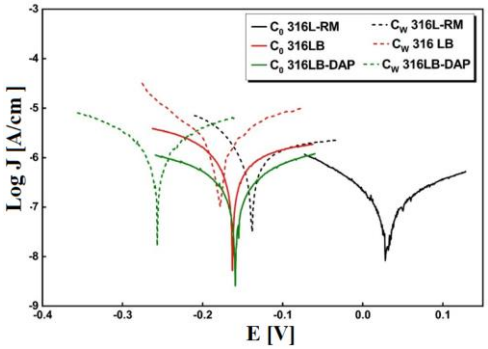


Figura 1 Curvas de polarización de los materiales borurados sometidos a pruebas de desgaste con influencia de corrosión y sin influencia de corrosión.

4. CONCLUSIONES

Los resultados de la resistencia a la tribocorrosión incrementaron 1.4 veces para el acero AISI 316L borurado y 2.1veces en el acero AISI 316L sometido al tratamiento de recocido por difusión, con respecto al material de referencia.

5. REFERENCIAS

[1] Campos-Silva, D. Bravo-Bárcenas, H. Cimenoglu, I Figueroa-López, M. Flores-Jiménez, O. Meydanogl *Surf. Coat. Technol*, 260, 362, (2014).

[2] I. Campos-Silvaa, M. Palomar-Pardavé, R. Pér Pastén-Borjac, O. Kahvecioglu Feridund, D. Brav Bárcenas, C. López-García, R. Reyes-Helguer "Tribocorrosion and cytotoxicity of FeB-Fe_2B layers AISI 316 L steel", *Surf. Coat. Technol.*, 349, 986–99 (2018).

Evaluación electroquímica de electrolitos ácido cítrico-citrato para su uso en el anodizado sustentable de aleaciones de aluminio AA6061 y AA6063

Presentación **Oral**

M. Lara Banda[1*], V. Almaguer Cantú[2], F. Almeraya Calderón[1], J.A. Cabral Miramontes[1], F.H. Estupiñan López[1], C. Gaona Tiburcio[1]

[1] Universidad Autónoma de Nuevo León, Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. San Nicolás de los Garza 66455, Nuevo León. México

[2] Universidad Autónoma de Nuevo León, Instituto de Biotecnología, Facultad de Ciencias Biológicas. San Nicolás de los Garza 66455, Nuevo León. México.

maria.laraba@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El anodizado del aluminio constituye uno de los tratamientos electroquímicos más empleados para incrementar la resistencia a la corrosión, la dureza superficial y la estabilidad química de las aleaciones de aluminio [1]. Industrialmente, este proceso utiliza soluciones de ácido sulfúrico debido a su elevada conductividad eléctrica y su eficiencia en la formación de películas anódicas; sin embargo, la elevada corrosividad del electrolito y el impacto ambiental asociado a su manejo han impulsado la búsqueda de alternativas más sustentables [2]. Entre ellas, los sistemas ácido cítrico-citrato, que representan una opción prometedora debido a su baja toxicidad y biodegradabilidad. En este contexto, el objetivo de este trabajo es seleccionar los electrolitos ácido cítrico-citrato con mayor potencial de uso en un proceso de anodizado sustentable, partiendo de propiedades fisicoquímicas seguidas de una evaluación mediante la técnica electroquímica de Polarización Potencidinámica. Estos electrolitos se compararon con electrolitos base ácido sulfúrico.

2. METODOLOGÍA

Se prepararon electrolitos ácido cítrico-citrato, y electrolitos a partir de H_2SO_4 al 15, 18 y 20% en peso. Se determinaron propiedades fisicoquímicas y, a partir de estos resultados, los electrolitos de mejor conductividad se evaluaron mediante la técnica electroquímica de Polarización Potenciodinámica utilizando las aleaciones de aluminio AA6061 y AA6063.

3. RESULTADOS

La conductividad eléctrica de los sistemas ácido cítrico-citrato presentó valores entre 5.25 y 6.56 $mS.cm^{-1}$, incrementándose conforme aumentó el pH debido a la formación progresiva de especies protonadas del citrato. El análisis de especiación indicó que los electrolitos con pH cercanos a 4.7 y 6.4 presentan un equilibrio favorable entre las especies H_2Cit^-, $HCit^{2-}$ y Cit^{3-}, condición que puede favorecer el transporte de carga y modificar la interacción electroquímica entre el electrolito y la superficie de las aleaciones de aluminio. Estos resultados permitieron establecer los electrolitos a evaluar mediante Polarización Potenciodinámica, obteniéndose con ello que el sistema ácido cítrico-citrato presenta una alternativa a la formación de una capa pasiva; sin embargo, el espesor y la homogeneidad de la capa pasiva no son comparables con los resultados presentados por los electrolitos a partir de H_2SO_4.

4. CONCLUSIONES

Las propiedades fisicoquímicas, en conjunto con la técnica electroquímica de Polarización Potenciodinámica, permiten evaluar el comportamiento del sistema ácido cítrico-citrato, que presenta una alternativa como electrolito a utilizar en el anodizado sustentable de aleaciones de aluminio AA6061 y AA6063; sin embargo, comparado con un sistema basado en H_2SO_4, es necesario continuar investigando.

5. REFERENCIAS

[1] J.A. Cabral Miramontes et al. *Materials,* **17**(17), 4285, (2024).

[2] Lee, W. & Park S.J. *Chemical Reviews*, **114**(15), 7487, (2014)

Estudio electroquímico de derivados de bencifenil-tretazoltriazol como inhibidores orgánicos del acero API 5L X70 en medio salino

Presentación **Oral**

L. A. Bello García[1,2*], A. Espinoza Vázquez[1], I.A. Figueroa Vargas[4], R. Orozco Cruz[1], G. E. Negrón Silva[3], A. Sánchez Eleuterio[3].

[1] Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, 94294, Veracruz, México.

[2] Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Boca del Río, 94294, Veracruz, México.

[3] Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Ciencias Básicas. Av. San Pablo No. 420, Azcapotzalco, Ciudad de México, C.P. 02128. México.

[4]Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior S/N, Cd. Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México, 04510, México

E-mail: araespinoza@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

El acero al carbono API X70 es ampliamente utilizado en la industria petrolera, debido a su alta resistencia mecánica y buena relación costo-beneficio. Sin embargo, su exposición a ambientes agresivos, como soluciones salinas, CO_2, y H_2S, lo hace susceptible a diversos mecanismos de corrosión que comprometen su integridad estructural [1]. Para mitigar este problema, se han empleado inhibidores de corrosión, destacando los compuestos híbridos tetrazol-triazol.

2. METODOLOGÍA

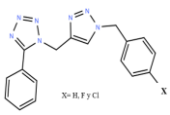
Para las pruebas se utilizó un sistema electroquímico de tres electrodos, ER; electrodo de calomel saturado, ET; API 5L X70, EA; Barra de grafito. El medio fue NaCl (3% p/v) más el inhibidor a diferentes concentraciones (5, 10, 20 y 50 ppm). Las técnicas electroquímicas de corrosión utilizadas en las mediciones fueron: a) Potencial a circuito abierto (OCP) durante 30 minutos. b) Espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) con un rango de frecuencia de 10,000-0.01 Hz y 10 puntos/década.

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los parámetros electroquímicos de los compuestos derivados de bencilfenil-tetrazoltriazol, mostrando que la R_{tc} incrementa con la presencia de inhibidor en todos los casos.

Tabla 1. Parámetros electroquímicos de los compuestos derivados de bencilfenil-tetrazoltriazol.

Compuesto	C (ppm)	Rs (Ω cm^2)	n	Cdl (μF/cm^2)	Rtc (Ω cm^2)	Cf (μF/cm^2)	Rmol (Ω cm^2)	Rtotal (Ω cm^2)	EI (%)
Sin inhibidor	0	12.7	0.8	694.0	191.4	643.1	5.2	191.4	
R=H	5	11.5	0.9	57.6	19040	230.5	5455.0	24506.5	99.0
	10	20.6	0.8	13.9	16730	121.6	2121.0	18871.6	98.9
	20	22.8	0.9	10.6	31550	176.3	1446.0	33018.8	99.4
	50	10.1	0.7	2.0	45000	92.0	9.5	45019.6	99.6
R= F	5	8.5	0.8	18.5	67200	21.2	6.8	67215.3	99.7
	10	8.8	0.8	6.1	88700	50.9	7.7	88716.5	99.8
	20	24.0	0.8	11.1	29100	192.9	1187.0	30311.0	99.3
	50	26.4	0.8	5.8	91100	207.4	3501.0	94627.4	99.8
R=Cl	5	6.9	1.0	18.4	95500	1685.3	3.4	95510.3	99.8
	10	8.1	0.9	14.6	67500	77.5	0.0	67508.1	99.7
	20	22.6	0.9	9.4	76500	97.2	1441.0	77963.6	99.7
	50	9.0	0.7	3.9	129000	33.2	103.8	129112.8	99.9



4. CONCLUSIONES

Los compuestos derivados de bencilfenil-tetrazoltriazol fueron evaluados como inhibidores de corrosión del acero API 5L X70 en medio salino (3% NaCl), mostrando altas eficiencias de inhibición en el rango de concentraciones estudiado. Los compuestos estudiados presentaron eficiencias de inhibición muy altas desde 5ppm (mayor del 90%). Este comportamiento sugiere que la incorporación de los grupos halogenados no favorece la interacción entre el inhibidor y la superficie metálica, posiblemente a que la presencia del grupo tetrazoltriazol son los que están ejerciendo mayor interacción para el proceso de adsorción y la formación de una película protectora sobre el acero.

5. REFERENCIAS

[1] S. Yadav, J F. Aceros, et al., *International Journal of Hydrogen Energy*, **48**, 36866, 2023.

Eficiencia anticorrosiva del acero AISI 316 como refuerzo en Concreto Sustentable base CBCA y SAM expuesto a Cloruros y Sulfatos

Presentación **Oral**

B.P. Baltazar-García[1], L. Landa-Ruiz[1], A. Reyes[1], C. Méndez[1], D. Lozano[1], G. Santiago[2], V. Moreno[2], D. Pérez[3], L. Atzin[3], C. Gaona-Tiburcio[4], F. Almeraya-Calderón[4], M.A. Baltazar-Zamora[1*]

[1]Facultad de Ingeniería Civil - Xalapa, Universidad Veracruzana, Circ. G. Aguirre Beltrán S/N, Lomas del Estadio, Xalapa, Veracruz, México, CP 91000
[2]Facultad de Ingeniería Civil -Unidad Torreón, UAdeC, Torreón, Coahuila, México
[3]GEOTEST S.A. de C.V., El Lencero, Mpio. Emiliano Zapata, Veracruz, México
[4]UANL, FIME–CIIIA. Av. Universidad S/N. C.U., San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

E-mail: mbaltazar@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN.

El concreto reforzado, es el sistema constructivo más utilizado a nivel mundial para desarrollar infraestructura civil como puentes, pavimentos rígidos, edificios, etc., por sus propiedades físico-mecánicas. Sin embargo, patologías prematuras, como la corrosión del acero de refuerzo, considerada como la principal, disminuyendo la integridad estructural, con un costo de por miles de millones de dólares [1]. Se tienen identificados como principales agentes agresivos a los cloruros y sulfatos, presentes en medios marinos principalmente [2]. Se han considerado para mitigar el problema de corrosión el uso de inhibidores, recubrimientos, materiales suplementarios, desarrollo de concretos verdes o sustentables, etc., [3]. El presente trabajo evalúa la eficiencia contra la corrosión del acero AISI 316 como refuerzo en Concreto Sustentables fabricados con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) y Simulación de Agua de Mar (SAM), al ser expuestos a cloruros y sulfatos (solución de Cloruro de Sodio y Sulfato de Sodio al 5%), ambiente marino altamente agresivo, el periodo de evaluación fue de 6 meses.

2. METODOLOGÍA

Se emplearon las técnicas electroquímicas de Potencial de Corrosión acorde a la norma ASTM C-876-15 [4] y de Resistencia a la Polarización Lineal (RPL), de acuerdo a la norma ASTM G59 [5], para evaluar la corrosión del acero AISI 316 y AISI 1018.

3. RESULTADOS

Los resultados de E_{corr} del acero AISI 316, en los 6 meses, indican un riesgo del 10% de corrosión, ver Fig. 1.

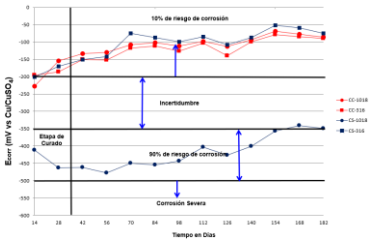


Fig. 1. E_{corr} concretos sustentables.

4. CONCLUSIONES

El acero AISI 316 presenta una gran resistencia a la corrosión en concreto sustentable base CBCA y SAM al ser expuesto 6 meses a un ambiente marino-sulfatado altamente agresivo.

5. REFERENCIAS

[1] L. Landa-Ruiz et al. Physical, Mechanical and Durability Properties of Ecofriendly Ternary Concrete Made with Sugar Cane Bagasse Ash and Silica Fume. Crystals.11, p. 1, (2021).
[2] A. Landa-Sánchez et al. Corrosion Behavior of Steel-Reinforced Green Concrete Containing Recycled Coarse Aggregate Additions in Sulfate Media. Materials (Basel). 13, p. 1, (2020).
[3] L. Landa-Ruiz et al. Electrochemical Corrosion of Galvanized Steel in Binary Sustainable Concrete Made with Sugar Cane Bagasse Ash (SCBA) and Silica Fume (SF) Exposed to Sulfates. Applied Sciences. 11, p. 1, (2021).
[4] ASTM C-876-09: Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. ASTM, (2009).
[5] ASTM G 59-97(2014), Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements. ASTM, (2014).

Corrosión de Concretos Sustentables Ternarios base Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar y Humo de Sílice en presencia de Na_2SO_4

Presentación **Oral**

H. Ariza[1], I. Garcia[2], L. Landa-Ruiz[3], A. Reyes[3], C. Méndez[3], G. Santos[3], D. Lozano[3], V. Pacheco[3], O. Ojeda[4], C. Gaona-Tiburcio[5], F. Almeraya-Calderón[5], M.A. Baltazar-Zamora[3*]

[1]Constructura Arvada S.A. de C.V., Loc. Jacarandas, Mpio. Emiliano Zapata, Veracruz, México
[2]LOISA S.A. de C.V., El Lencero, Mpio. Emiliano Zapata, Veracruz, México
[3]Facultad de Ingeniería Civil - Xalapa, Universidad Veracruzana, Circ. G. Aguirre Beltrán S/N, Lomas del Estadio, Xalapa, Veracruz, México, CP 91000
[4]GCC S.A. de C.V., Chihuahua, Chihuahua, México
[5]UANL, FIME–CIIIA. Av. Universidad S/N. C.U., San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

E-mail: mbaltazar@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN.

De acuerdo con diversas investigaciones, se considera que la corrosión en estructuras de reforzado es un problema grave en cuestión económica y social [1]. Los sulfatos y los cloruros son considerados como los agentes más importantes que dan origen a la corrosión del acero de refuerzo. Los sulfatos pueden estar presentes en suelos, aguas freáticas, y en el agua de mar [2]. Alrededor del mundo han trabajado en conjunto investigadores, constructores y autoridades para tratar de minimizar dicho problema, realizando estudios en situ y simulando medios de contacto que deterioran el concreto de diferentes formas [3], y también considerando la fabricación del concreto, el uso de aditivos, materiales alternativos al cemento, como Fly Ash, Ceniza de Madera, etc. La combinación Cenzia de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) y Humo de Sílice (HS) en la fabricación de Concretos Sustentables se presenta como una opción viable frente a la corrosión del refuerzo debida a sulfatos.

2. METODOLOGÍA

Los elaboraron especímenes de Concretos Sustentables Ternarios (CTS) con sustitución parcial de CBCA y HS, por CPC 30R-RS, reforzados con acero AISI 1018. Se evaluó el Potencial de Corrosión (ASTM C- 876-15) [4] y la Velocidad de Corrosión mediante la Técnica Electroquímica de Resistencia a la Polarización Lineal (RPL), norma ASTM G59 [5], por un periodo de más de 200 días en presencia de Na_2SO_4 como medio agresivo y agua como medio control.

3. RESULTADOS

Los valores de E_{corr} después de más de 220 días de monitoreo, indican una tendencia a la pasivación, con un 10% de riesgo de corrosión, ver Fig. 1.

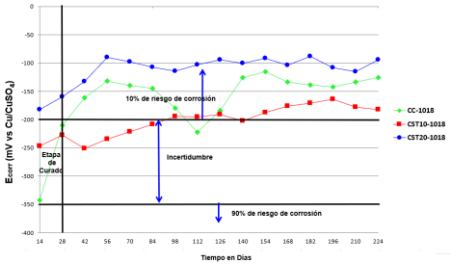


Fig. 1. E_{corr} Concretos Sustentables Ternarios.

4. CONCLUSIONES

Los valores de E_{corr} en los Concretos Sustentables ternarios en el medio control indican un 10% de riesgo de corrosión en el medio control (agua).

5. REFERENCIAS

[1] L. Landa-Ruiz et al. Physical, Mechanical and Durability Properties of Ecofriendly Ternary Concrete Made with Sugar Cane Bagasse Ash and Silica Fume. Crystals.11, p. 1, (2021).
[2] L. Landa-Ruiz et al. Electrochemical Corrosion of Galvanized Steel in Binary Sustainable Concrete Made with Sugar Cane Bagasse Ash (SCBA) and Silica Fume (SF) Exposed to Sulfates. Applied Sciences. 11, p. 1, (2021).
[3] A. Landa-Sánchez et al. Corrosion Behavior of Steel-Reinforced Green Concrete Containing Recycled Coarse Aggregate Additions in Sulfate Media. Materials (Basel). 13, p. 1, (2020).
[4] ASTM C-876-09: Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. ASTM, (2009).
[5] ASTM G 59-97(2014), Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements. ASTM, (2014).

Limpieza de superficies de bronce contaminadas por sulfuros y su efecto en la formación de pátinas protectoras

Presentación **Oral**

J. Rivera González[1], F. J. Rodríguez Gómez[1*], P. Roncagliolo-Barrera[1], J. Contreras-Vargas[2]

[1]Facultad de Química, Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México.

E-mail: fxavier@quimica.unam.mx

[2]Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRyM), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), Ciudad de México, México.

1. INTRODUCCIÓN

El patrimonio cultural metálico de México incluye numerosas piezas de bronce —esculturas, campanas y objetos numismáticos— susceptibles de contaminarse con sulfuros de origen antropogénico, que desestabilizan las pátinas protectoras y promueven la corrosión activa del sustrato Cu-Sn [1]. La limpieza con EDTA se ha considerado el estándar por su capacidad para acomplejar iones metálicos sin dañar la superficie, aunque conlleva el riesgo de una sobrelimpieza. Recientemente se han propuesto limpiadores comerciales ecológicamente aceptables como alternativa eficiente [2,3], pero se desconoce cuánto material remueven y si afectan en exceso al metal. Este trabajo evalúa, mediante técnicas electroquímicas y de caracterización superficial, cuál de los dos tratamientos —EDTA o el limpiador comercial *Crystal Green*— remueve los sulfuros de forma más eficiente con el menor daño al metal.

2. METODOLOGÍA

Se emplearon probetas de bronce de fundición SAE 62, caracterizadas metalográficamente, SEM-EDS, ICP-OES. Sobre la superficie activada con H_2SO_4 0.1 M se formó una pátina artificial con $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ 1.6 M y calentamiento por soplete, y se contaminó con $(NH_4)_2S$ al 0.01 % (16.44 mg/m²). Las cuatro condiciones (testigo, testigo+S, pátina y pátina+S) se evaluaron en Na_2SO_4 0.05 M con 5 % de EDTA o de *Crystal Green* mediante OCP, EIS y curvas de polarización potenciodinámica.

3. RESULTADOS

La caracterización mostró una microestructura dendrítica de fase α con eutectoide α+δ y una composición acorde con la norma ASTM B584 para SAE 62 (ICP: 87.6 % Cu, 9.3 % Sn, 2.8 % Zn, 0.3 % Pb). La pátina mostró una morfología globular tipo "coliflor" que, al contaminarse, recristaliza a sulfuros de cobre. En EDTA, la pátina contaminada muestra descenso en la resistencia a la transferencia de carga (R_{CT}) y una elevada dispersión de la capacitancia (C_{DL}), lo que indica la penetración del electrolito y daño superficial. En *Crystal Green*, la pátina sana y la contaminada presentan R_{CT} similares y C_{DL} bajos y estables (Tabla 1), y sus ramas anódicas se superponen sin la divergencia observada con EDTA, lo que evidencia un ataque más controlado del sustrato.

Tabla 1. Parámetros electroquímicos promedio (EIS) de las superficies patinadas tras la limpieza con EDTA y con *Crystal Green*.

Tratamiento	R_{CT} pátina ($\Omega \cdot cm^2$)	R_{CT} pátina+S ($\Omega \cdot cm^2$)	C_{DL} pátina+S (F/cm^2)
EDTA	2.1×10^3	6.0×10^2	$1.2–5.5\times10^{-}$
Crystal Green	4.6×10^2	5.5×10^2	$0.8–1.8\times10^{-}$

4. CONCLUSIONES

La contaminación compromete la integridad del bronce, aun con una pátina protectora, que resulta benéfica mientras no contenga sulfuros. El EDTA es eficiente, pero el *Crystal Green* logra una limpieza igualmente efectiva con menor ataque al sustrato y estabiliza la respuesta electroquímica de la pátina contaminada. ***Trabajo realizado con el apoyo del proyecto PAPIIT IN108726.***

5. REFERENCIAS

[1] L. Robbiola, J. M. Blengino, C. Fiaud, *Corrosion Science*, **40**, 2083, (1998).

[2] T. Giraud, A. Gomez, S. Lemoine, C. Pelé-Meziani, A. Raimon, E. Guilminot, *Journal of Cultural Heritage*, **52**, 73, (2021).

[3] J. Gao, et al, *Langmuir*, **42**, 1730, (2025).

Evaluación electroquímica de problemas patológicos asociados a carbonatación en un tanque de captación y almacenamiento de agua con capacidad de 50,000 m^3

Presentación **Oral**

D. Nieves-Mendoza[1], J.L. Vela-Jimenez[2], Y.F. Rivera-García[1], G. Vazquez-Urrutia[3]. E.E. Maldonado-Bandala[1*]

[1]Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Circ. Gonzálo Aguirre Beltran s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

[2]Ingeniería, Construcción y Supervisión de Obra VEHACSA, Ruiz Cortinez 73, Col, Mártires de Chicago, C.P. 91094, Xalapa, Veracruz, Mexico

[3]Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Veracruzana, Circ. Gonzálo Aguirre Beltran s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

E-mail: erimaldonado@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN.

En este trabajo se presentan y discuten los resultados de la inspección por corrosión, y una propuesta de reparación de los muros exteriores e interiores de un tanque de captación y almacenamiento de agua fabricado de concreto reforzado de 100m x 100m x 7 m y capacidad de 50,000 m^3. La inspección incluyó una inspección visual, levantamiento de daños, y ensayos electroquímicos, que permitieron caracterizar el concreto y los daños por corrosión. El mecanismo gobernante de la corrosión en la estructura estudiada fue la carbonatación. Sin embargo, la emisión de sulfatos en ese ambiente urbano se reflejó en la resistencia a la compresión, grietas y delaminaciones.

Palabras clave: inspección; torre; concreto reforzado; diagnóstico; vida de servicio.

2. METODOLOGÍA

Inspección detallada. Las fallas prematuras que presentan las estructuras de concreto armado se deben principalmente a la falta de control de calidad y errados procedimientos de construcción, reparación y rehabilitación [1].

Se realizaron las siguientes medidas electroquímicas: Medición de potenciales E_{corr} vs $Cu/CuSO_4$, de acuerdo con lo establecido en NMX-C-495-ONNCCE-2015 [2]. Velocidad de corrosión (i_{corr}), mediante la técnica de resistencia a la polarización, utilizando un corrosímetro de campo GECOR 10 y lo establecido en NMX-C-501-ONNCCE-2015 [3]. La información obtenida con estas medidas fue útil ya que permitieron definir claramente los puntos de corrosión activa en la estructura.

Evaluación fisicoquímica. Se hizo la evaluación de la resistencia a la compresión simple del concreto mediante ensayo a núcleos de concreto endurecido NMX-C-083-ONNCCE 2010(2010).

3. RESULTADOS

Aunque existen zonas con acero expuesto, y la corrosión de la varilla es más que evidente, se realizaron ensayes no destructivos de velocidad de corrosión. Fue más recurrente encontrar valores de velocidad de corrosión moderada a muy elevada en la mayoría de los casos con valores cercanos a 5 $\mu A/cm^2$.

Los valores de corrosión muy elevados pueden ser originados por las reparaciones localizadas y untas frías desde la construcción, que han provocado grietas y delaminaciones entre concreto reciente y el preexistente, desafortunadamente en estructuras reales este efecto en la interfaz acero-concreto es muy común, como resultado del efecto “Top-bar”, el cual es una disminución de adherencia del acero de refuerzo en función del recubrimiento, esto en concretos con espesores considerables y compactaciones inadecuadas [4].

4. CONCLUSIONES

El mecanismo que gobierna la corrosión en la estructura estudiada es la carbonatación, lo que ha ocasionado que se reduzca el pH del concreto y se

Evaluación electroquímica del extracto *Ceiba Pentandra* como inhibidor verde de la corrosión para la aleación de aluminio 2024-T3 en HCl

Presentación **Oral**

L.A. Chávez Pérez[1*], A.C. Castillo Atoche[1], A. Rodríguez Cortés[1], E. Piña Betancourt[1], A.F. Castellanos Medina[1], E. Sauri Duch[1]

[1]Departamento de Química y Bioquímica. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Mérida, Mérida, 97118, México.

E-mail: ap.luis.chavez@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión que experimentan los metales es un proceso espontáneo debido a una reacción electroquímica que ocurren entre un medio corrosivo y la superficie metálica. Este fenómeno puede causar en diversas industrias pérdidas económicas y daños estructurales, lo que implica riesgos para las personas, afecciones al medio ambiente y salud pública [1]. En este sentido, los extractos de plantas son una opción como inhibidores ecológicos debido a la variedad de materiales con los que se pueden fabricar y su bajo costo. Además, no son tóxicos en comparación con inhibidores convencionales que pueden provocar daños a las personas y el medio ambiente [2]. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto protector del extracto de hoja de ceiba (*Ceiba pentandra*), en la aleación de aluminio 2024-T3 expuesta a un medio ácido para determinar su posible aplicación como inhibidor.

2. METODOLOGÍA

En esta investigación, se caracterizó el extracto acuoso de hojas de ceiba (Ceiba pentandra) mediante espectroscopía UV-VIS y HPLC-DAD. Se realizó la cuantificación de polifenoles y flavonoides. La actividad electroquímica de la aleación 2024-T3 fue evaluada con y sin extracto en una solución de 0.5 M de HCl mediante espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS).

3. RESULTADOS

El contenido total de fenoles y flavonoides de cualquier planta se ha aceptado como un punto de referencia para analizar los componentes vegetales. El extracto de hoja de *ceiba pentandra* presentó 4.95 ± 0.2 g equivalentes de α-ácido gálico (100 g de muestra seca) de polifenoles totales y 6.94 ±0.29 g equivalente α-quercetina (100 g de muestra seca). El diagrama Nyquist (Figura 1) reveló un aumento en el diámetro del semicírculo en altas frecuencias con el incremento en la concentración del extracto. Este aumento se encuentra relacionado con el proceso de transferencia de carga.

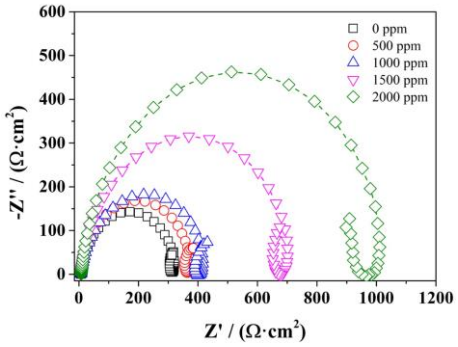


Figura 1. Diagrama de Nyquist del sistema 2024-T3/0.5 M HCl en ausencia y presencia de extracto de *Ceiba pentandra*.

4. CONCLUSIONES

El extracto acuoso de hojas de *Ceiba pentandra* de acuerdo con los resultados electroquímicos mostró una propiedad de inhibición para la aleación 2024-T3 en 0.5 M de HCl. Esta propiedad aumentó con el incremento de la concentración del extracto.

5. REFERENCIAS

[1] P.T. Sowmya, S.K. Giridarshan, A. Sudhir, *Chemical Papers*, **79**, 8339, (2025).

[2] R.M. Marinho Bandeira, F. Pereira Lima, M. Sousa Nunes, E. Carvalho dos Santos, J. Ribeiro dos Santos Junior, J. M. Elias de Matos, C.M. Feitosa, M. Rail, S. Bhattarai, D. Das Mulmi, *Surface Science and Technology*, **3**, 19, (2025).

Inhibición de la corrosión del acero API 5LX52 en presencia de H_2SO_4 utilizando un inhibidor orgánico derivado de aminoácidos.

Presentación **Oral**

L.G. Morales Pérez[2], J.R. Benítez Galván[2], A. Ezeta Mejía[2], B. Rojas Gómez[2], M. Palomar Pardavé[1], A. Romero Hernández[1,2], M. Corrales Luna[2*]

[1] Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Laboratorio Interdisciplinario de Electroquímica e Ingeniería de los Materiales, Departamento de Materiales, CDMX, México.

[2] Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE, UPIEM, Laboratorio de Investigación en Fisicoquímica y Materiales, CDMX, México.

E-mail: mcorralesl@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión constituye uno de los principales desafíos en la industria del petróleo y gas debido a las pérdidas económicas, riesgos operativos y daños ambientales asociados al deterioro de los materiales metálicos. El acero API 5L X52, ampliamente empleado en este sector, está expuesto a ambientes altamente agresivos, por lo que es indispensable desarrollar estrategias que mitiguen su degradación y prolonguen su vida útil. Entre las alternativas de protección, los inhibidores de corrosión destacan por su eficiencia y bajo costo; sin embargo, la selección de compuestos con alta capacidad inhibitoria y bajo impacto ambiental sigue representando un reto debido a la complejidad de las condiciones de operación en la industria [1,2].

En el presente trabajo se evaluó el comportamiento de un inhibidor de corrosión derivado de aminoácidos sobre acero API 5L X52 en una solución de H_2SO_4 0.5 M. Las pruebas electroquímicas demostraron que el inhibidor presentó una eficiencia máxima de 85.1 % a 75 ppm. El comportamiento de adsorción se ajustó al modelo de Langmuir. Asimismo, las técnicas de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) evidenciaron una menor degradación superficial.

2. METODOLOGÍA

Las mediciones electroquímicas se realizaron empleando un potenciostato/galvanostato Autolab PGSTAT302N con el software NOVA 2.1.6 y el módulo FRA. Las pruebas de polarización potenciodinámica se realizaron en un intervalo de ±250 mV respecto al potencial de circuito abierto (OCP), empleando una velocidad de barrido de 0.000166 V/s. La caracterización de la interfase metal/solución se llevó a cabo mediante EIS aplicando una señal sinusoidal de ±10 mV alrededor del OCP y un barrido de frecuencias de 100 kHz a 0.1 Hz. La caracterización superficial se realizó mediante MEB.

3. RESULTADOS

El análisis de las propiedades inhibidoras del aminoácido sobre el acero API 5L X52 en H_2SO_4 0.5 M evidenció una importante disminución en la velocidad de corrosión. La eficiencia de inhibición está en función de la concentración, alcanzando un valor máximo de 85.1 % a 75 ppm. La técnica de EIS reveló un incremento en la resistencia a la transferencia de carga (R_{ct}).

El valor de energía libre de adsorción obtenido ($\Delta G°ads = -32.7$ kJ mol^{-1}) sugiere un proceso de adsorción combinado de fisisorción y quimisorción. Estos resultados fueron corroborados mediante MEB, cuyas micrografías mostraron superficies más homogéneas y con menor deterioro por corrosión [3].

4. CONCLUSIONES

Las pruebas de polarización de Tafel demostraron que el inhibidor reduce significativamente la velocidad de corrosión del acero API 5L X52 en H_2SO_4, alcanzando una eficiencia máxima de 85.1 % a 75 ppm. Los estudios de EIS mostraron un incremento en la R_{tc}. La formación de la película protectora es mediante adsorción física y química. Se observó superficies más homogéneas y con menor daño superficial.

5. REFERENCIAS

[1] X. Ma, X. Wang, T. C., J. Yang, L. Shi, K. Zhu, X. Zhang, W. T. Yang, Z.H. Dong, *Corrosion Science*, **252**, 112942, (2025).

[2] M. Egbuhuzor, C. Akalezi, S. Ulaeto, D. Njoku, E. Oguzie, *Discover Materials*, **5**, 250, (2025).

[3] M. Corrales, T. L. Manh, M. Romero, M. Paloma E. M. Arce, *Corrosion Science*, **153**, 85, (2019).

División 6

Corrosión y Tratamiento de Superficies (CTS)

Trabajos Carteles

Estudio electroquímico del 2-MBI como inhibidor de corrosión para el acero API 5L X70 en NaCl saturado con CO_2

Presentación **Poster**

A. C. Rodríguez Hernández[1,2], A. Espinoza Vázquez[2*], M. Á. Hernández Perez[2], G. E. Negrón Silva[3], R. Galván Martínez[2], R. Orozco Cruz[2]

[1]Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología (MICRONA), Universidad Veracruzana, Boca del Río, C. P. 94294, Veracruz. [2]Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, C. P. 94292, Veracruz, México. [3] Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Ciencias Básicas. Av. San Pablo No. 420, Azcapotzalco, Ciudad de México, C.P. 02128. México

E-mail*: araespinoza@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

En la industria petrolera, el acero X70 presenta corrosión interna por CO2 y sulfuros [1], el uso de inhibidores en aceros al carbono es una alternativa económica [2]. Estos, en bajas concentraciones, reducen la corrosión, aunque su impacto ambiental ha impulsado nuevas investigaciones (5-50mg/L, NRF-005-PEMEX-2009) [3]. Compuetos con nitrógeno, como aminas e imidazoles, muestran buena protección en medios ácidos [4], en particular, el 2-mercaptobencimidazol destaca por su alta eficiencia en H_2SO_4 1M [5]. Estetrabajo evalúa su comportamiento en medio dulce (NACl 3% sat. Con CO_2) en condiciones estáticas (Figura 1).

Figura 1. Estructura química del 2-mercaptobencimidazol como potencial inhibidor.

2. METODOLOGÍA

Se preparó una solución de NaCl y se saturó con CO_2 antes de cada medición como medio corrosivo y se utilizaron disoluciones de 5, 10, 20, 50 y 100 ppm del inhibidor. Todas las mediciones se realizaron por triplicado. Se realizaron las siguientes pruebas electroquímicas: a) Potencial a circuito abierto (OCP) durante 1800 segundos; b) Espectroscopia de impedancia electroquímica (EIE), 0.01-10000 Hz, amplitud de ±10 mV y c) Curvas de polarización potenciodinámica (CP) con un rango de ±300 mV a 1 mV/s.

3. RESULTADOS

A 5 ppm (figura 2b) se observa el mejor comportamiento del inhibidor 2-MBI, en el cual aumenta el diámetro del semicírculo respecto a la concentración de 0 ppm; con un valor de Z´ ~1600 Ω cm^2, el sistema está controlado por el mismo mecanismo.

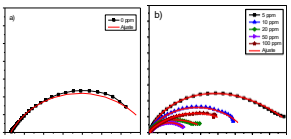


Figura 2. Diagramas de Nyquist para el sistema API 5L X70/ NaCl sat. con CO_2 en blanco (a) y a diferentes concentraciones del inhibidor 2-MBI (b).

4. CONCLUSIONES

Se concluye que, bajo condiciones estáticas, el inhibidor evaluado mejora de manera significativa el desempeño frente a la corrosión del acero API 5L X70. Asimismo, se identifica que su eficiencia es dependiente de la concentración, alcanzando su máximo rendimiento a 5 ppm. Estos resultados respaldan el potencial del inhibidor como una alternativa viable para la protección del material en medios similares.

5. REFERENCIAS

[1] A. H. Al-Moubaraki, I. B. Obot, Journal of Saudi Chemical Society, 25, 101370, (2021).

[2] R. Sang, et al., *Nature Catalysis*, 6, 531, (2023). M. Benabdellah, A. Tounsi, K. F. Khaled, B. Hammouti, Arabian Journal of Chemistry, 4, 17, (2011).

[3] A. Espinoza-Vázquez, F.J. Rodríguez-Gómez, I. K. Martínez Cruz, G. Negrón Silva, M. Palomar-Pardave, ECS Transactions, 84, 165

Evaluación y rehabilitación de concreto en ambiente marino tropical: Avances del Proyecto DURACON estación Veracruz

Presentación **Poster**

D. Nieves-Mendoza[1*], E.E Maldonado-Bandala[1], R. I. Hernández-Cabrera[2], L. Landa-Ruíz[1], A. A. Torres-Acosta[3], Y. Rivera-Peña[1], D. Lozano-Laez[1], V. H. García-Pacheco[1], F. Almeraya-Calderón[4]

[1]Facultad de Ingeniería Civil Región Xalapa, Universidad Veracruzana, 91000, Xalapa, Veracruz, México

[2]Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, 94294, Veracruz, México.

[3]Tecnológico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Departamento de Tecnologías Sostenibles y Civil, Epigmenio Gonzales 500, Pablo, Santiago de Querétaro, Qro. 76130, México

[4]Universidad Autónoma de Nuevo León, FIME, Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIIA), San Nicolás de los Garza 66455, México

E-mail: dnieves@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN.

Los especímenes permanecieron expuestos de forma continua a las condiciones ambientales del puerto por un periodo de más de 15 años. Al término de esta etapa, los especímenes fueron retirados del sitio de exposición para ser sometidas a un proceso de diagnóstico y posterior rehabilitación, con la finalidad de reincorporarlas al medio ambiente y continuar con la evaluación.

2. METODOLOGÍA

Para el estudio, se fabricaron especímenes de concreto utilizando dos relaciones agua/cemento (a/c) distintas: 0.45 y 0.65. Asimismo, se contemplaron tres espesores de recubrimiento de concreto sobre las varillas de refuerzo: 1.5, 2.0 y 3.0 cm. Las pruebas para evaluar la susceptibilidad a la corrosión del acero de refuerzo fueron resistencia a la polarización lineal y evaluación de potenciales de corrosión. [1]

3. RESULTADOS

Tras más de una década y media de exposición severa en un clima marino tropical, se analizan los efectos combinados de la temperatura, humedad relativa, precipitación y la relación a/c y el espesor de recubrimiento. Los resultados de i_{corr} registrados (figura 1) se encuentran en la zona de nivel moderado, esto debido al historial de corrosión acumulada.

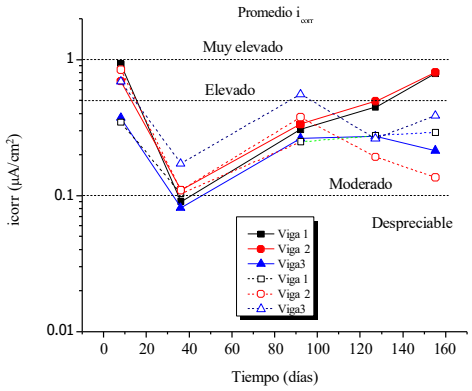


Figura 1. Valores de icor, registrados después de la rehabilitación y vueltos a exposición.

4. CONCLUSIONES

Los resultados no solo robustecen el cuerpo de conocimiento del proyecto DURACON, sino que además sientan las bases para optimizar los criterios de diseño y las metodologías de intervención y reparación.

5. REFERENCIAS

[1] M.A. Baltazar, D. Nieves, R. Romero, E. Maldonado, F. Solano, M. Galicia, A. Ortíz, F. Almeraya, A. Torres. *3er. Congreso Nacional ALCONPAT 2008*. Chihuahua, Chi. 2008.

Optimización multiobjetivo de los parámetros del proceso de anodizado de la aleación de aluminio 6063 mediante metodología Taguchi y análisis relacional de grises

Presentación **Poster**

J. A. Cabral Miramontes[1*], J. Villegas-Tovar[1], C. N. Cabral Miramontes[1], F. J. Olguin Coca[2], L. D. López-León[2], C. Gaona Tiburcio[1], F. Almeraya Calderón[1].

[1]Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Centro de Investigación e innovación en Ingeniería Aeronáutica.

[2]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

E-mail: jose.cabralmr@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las características de las aleaciones de aluminio las convierten en el material más utilizado en el sector aeroespacial. El aluminio, de forma natural, al interactuar con el oxígeno, forma una capa protectora de óxido de aluminio (Al_2O_3) que mejora sus propiedades, como, por ejemplo, la resistencia a la corrosión y a la fatiga [1]. El anodizado consiste en la oxidación electrolítica de la superficie del aluminio en condiciones controladas. Los parámetros críticos del proceso, tales como el tipo y la concentración del electrolito, la densidad de corriente, la temperatura del proceso, la duración del anodizado y la incorporación de aditivos, influyen directamente en las propiedades morfológicas y mecánicas de la capa anódica. Este estudio presenta una investigación sobre la optimización de los parámetros del proceso de anodizado para aluminio 6063 con el fin de mejorar el espesor, las propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión de esta aleación ampliamente utilizadas en el sector aeronáutico, ya que, al tratarse de un proceso complejo, requiere la aplicación de un enfoque metodológico sólido que permita la optimización de múltiples respuestas [2, 3].

2. METODOLOGÍA

Los experimentos se diseñaron utilizando la metodología Taguchi, que proporcionó un marco sólido para examinar el impacto del material, el tipo de solución de anodizado, la concentración, la temperatura y la duración del proceso de pasivación en el espesor, la microdureza Vickers y la resistencia a la corrosión de la aleación de aluminio 6063. Para confirmar los parámetros ideales del proceso de anodizado y medir la importancia de cada componente, también se emplearon el análisis relacional de grises (GRA) y el análisis de varianza (ANOVA).

3. RESULTADOS

Por medio de la metodología Taguchi, GRA y ANOVA se determinaron los parámetros optimizados para el proceso de anodizado de aluminio 6063 que son: densidad de corriente de 2.55 A/dm^2, una concentración de ácido sulfúrico de 333.15 g/L y 15 minutos de tiempo de anodizado para obtener una capa de Al_2O_3 de 11.85 µm y una microdureza Vickers de 297.14. Esta combinación de parámetros dio lugar a mejoras significativas en propiedades mecánicas y espesor del material, lo que demostró la eficacia de las condiciones optimizadas.

4. CONCLUSIONES

La fusión de la metodología Taguchi-GRA con el ANOVA posibilita la normalización y combinación de respuestas que poseen escalas y criterios de rendimiento diversos en un solo índice relacional gris. Esto hace más sencilla la evaluación integral del sistema, lo cual a su vez permite mejorar el proceso de anodizado de aleación 6063 aluminio.

5. REFERENCIAS

[1] J. Cabral-Miramontes, C. Gaona-Tiburcio, E. Maldonado-Bandala, L. Juarez-Alejandro, M.A. Baltazar-Zamora, F. Estupiñan-Lopez, L. Landa-Ruiz, J. Olguin-Coca, L.D. Lopez-Leon, D. Nieves-Mendoza, F. Almeraya-Calderrón. *Coatings*, **15,** 1306, (2025).

[2] J. Cabral-Miramontes, C. Gaona-Tiburcio, F. Estupiñan-Lopez, M. Lara-Banda, P. Zambrano-Robledo, D. Nieves-Mendoza, E. Maldonado-Bandala, J. Chacón-Nava, F. Almeraya-Calderrón. *Coatings*, **10,** 601, (2020).

Estudio electroquímico de Sacarosa como inhibidor orgánico del acero API 5L X52 en medio salino

Presentación Poster

L. A. Ruiz Jiménez[1] , A. Espinoza Vázquez[1], R. Orozco Cruz[1], G. E. Negrón Silva[2], A. Sánchez Eleuterio[2].

[1] Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, 94294, Veracruz, México.

[2] Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Ciencias Básicas. Av. San Pablo No. 420, Azcapotzalco, Ciudad de México, C.P. 02128. México.

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión en tuberías metálicas representa un problema importante debido a las pérdidas económicas, daños ambientales y reducción de la vida útil de los materiales. Una de las estrategias más utilizadas para su control es el empleo de inhibidores de corrosión; sin embargo, muchos de ellos presentan alto impacto ambiental. Por ello, existe un creciente interés en el desarrollo de inhibidores verdes. La sacarosa, por ser un compuesto renovable, económico y biodegradable, constituye una alternativa prometedora para la protección de superficies metálicas. En este trabajo se evaluó su efecto inhibidor sobre la corrosión del acero API 5L X52 en una solución de NaCl al 3 % m/v mediante técnicas electroquímicas [1]. La estructura química de la sacarosa se muestra en la Figura 1, donde se observan los grupos hidroxilo que pueden favorecer su adsorción sobre la superficie metálica.

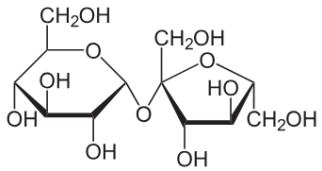


Figura 1. Estructura química de la sacarosa.

2. METODOLOGÍA

Para las pruebas se utilizó un sistema electroquímico de tres electrodos, ER; electrodo de calomel saturado, ET; API 5L X52, EA; Barra de grafito. El medio fue NaCl (3% p/v) agregando el inhibidor a diferentes concentraciones (5, 10, 20 y 50 ppm). Las técnicas electroquímicas de corrosión utilizadas en las mediciones a 100 rpm fueron: a) Potencial a circuito abierto (OCP) durante 30 minutos. b) Espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) con un rango de frecuencia de 100,000-0.1 Hz y 6 puntos/década.

3. RESULTADOS

La Figura 2 muestra la comparación de las eficiencias a diferentes concentraciones de inhibidor. Se observó que la eficiencia de inhibición aumenta conforme incrementa la concentración del inhibidor, alcanzando su valor máximo a 50 ppm con un 84.68%.

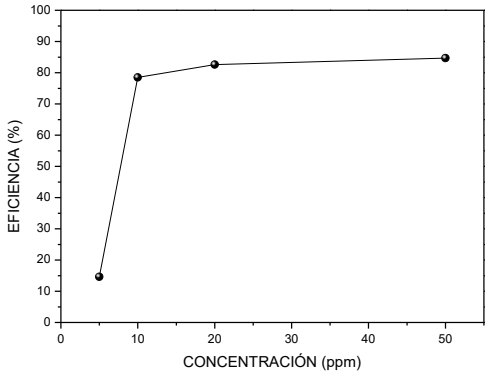


Figura 2. Gráfica representativa de las eficiencias obtenidas en función de la concentración de la sacarosa como inhibidor de corrosion a 100 rpm.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la evaluación demuestran que la sacarosa presenta un efecto inhibidor frente a la corrosión del acero API 5L X52 en medio de NaCl al 3 % m/v a 100 rpm. Esto confirma el potencial de la sacarosa como un inhibidor verde y económico para la protección de superficies metálicas.

5. REFERENCIAS

[1] A. K. Bhatia, S. Dewangan, N. Vaidya, *Carbohydrates and Derivatives as Green Corrosion Inhibitors*, en *Computational Modelling and Simulations for Designing of Corrosion Inhibitors*, p. 435–460, Elsevier, Cambridge, Massachusetts, United States, (2023).

PEG_{200}-assisted electrodeposition of hierarchically structured Zn coatings for enhanced hydrophobicity and stearic-acid-induced superhydrophobic-like behaviour

POSTER presentation

J.R. López-Montelongo[1], J.G. Flores-López[1], J.J. Pérez-Bueno[1], B. Cercado-Quezada[1], F. Rivera[1], Jorge Vázquez-Arenas[2], A. Méndez-Albores[3], G. Trejo[1*]

[1] CIDETEQ S. C., Pedro Escobedo, Querétaro, C. P. 76703

[2] Centro Mexicano para la Producción más Limpia, Instituto Politécnico Nacional, Av. Acueducto s/n, Col. La Laguna Ticomán, C.P. 07340, Ciudad de México, México

[3] Departamento de Investigación en Zeolitas, Posgrado en Ciencias Ambientales, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria C.P. 72530, Puebla, México

E-mail: jlopez@cideteq.mx

1. INTRODUCTION

The fabrication of superhydrophobic surface on metallic substrates has attracted considerable interest due to their potential applications in self-cleaning, corrosion protection and drag reduction [1]. In this work, an electrochemical route is explored to produce Zn coatings with high water repellency on AISI 1018 steel. The main objective is to investigate the synergistic effect of PEG_{200} as an additive during electrodeposition and a subsequent stearic acid (SA) post-treatment, which are intended to induce hierarchical morphology and modify the surface chemistry, respectively, to achieve superhydrophobic-like behavior.

2. METHODOLOGY

Zn coatings ($Zn_{XPEG200}$) were potentiostatically electrodeposited onto AISI 1018 steel substrates from an acidic chloride bath containing different PEG_{200} concentrations (x=0, 0.1, 1, 10, 100). Surface morphology, roughness and crystalline structure were characterized by SEM, profilometry and XRD. Wettability was evaluated by water contact angle (WCA) measurements, while surface energy was calculated using the WORK model. To further reduce the surface energy, the as-deposited coatings were immersed in a stearic acid solution ($Zn_{XPEG200}$+SA). The chemical surface composition was analyzed by FTIR and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS).

3. RESULTS

The SA treatment successfully incorporated hydrophobic species onto the surface (confirmed by FTIR and XPS) effectively suppressing the polar component of the surface energy. The combination of this low-energy chemistry with the PEG_{200}-induced hierarchical morphology was found to be critical for enhancing water repellency (Figure 1). The $Zn_{1PEG200}$+SA coating exhibited the best overall performance, with a WCA of 156.9°, demonstrating superhydrophobic-like behavior, and the lowest total surface energy (5.86 mN m^{-1}).

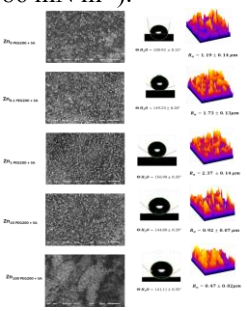


Figure 1: SEM images, WCA's and roughness of $Zn_{XPEG200}$+SA.

4. CONCLUSIONS

This two-step approach, consisting of PEG_{200}-assited electrodeposition followed by stearic acid modification, has been successfully developed to fabricate superhydrophobic Zn coatings on steel substrates. These materials exhibit strong water repellency and low water adhesion, making them a promising candidate for applications requiring corrosion resistance.

5. REFERENCIAS

[1] Rasitha, T., Krishna, N. G., Anandkumar, B., Vanithakumari, S., & Philip, J. (2024b). A comprehensive review on anticorrosive/antifouling superhydrophobic coatings: Fabrication, assessment, applications, challenges and future perspectives. Advances In Colloid And Interface Science, 324, 103090. https://doi.org/10.1016/j.cis.2024.103090

Corrosión electroquímica del acero galvanizado y acero galvanizado pasivado en exposición atmosférica

Presentación **Poster**

G. Lugo Islas[1], E. Gallardo Castán[1*], T. J. Hernández Castillo[1], A. G. Martínez Pedraza[1], G. Galicia Aguilar[2], J. L. Ramírez Reyes[2], R. Chávez Rosales[2], N. García Navarro[1].

[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Campus Poza Rica-Tuxpan. Av. Venustiano Carranza S/N Col. Revolución, C.P. 93390.

[2]Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Campus Veracruz-Boca del Río, Av. Juan Pablo II S/N, Costa Verde, 94292 Boca del Río, Ver.

*E-mail: egallardo@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Poza Rica, ubicada al norte del estado de Veracruz, la corrosión es un problema emergente que afecta a los materiales metálicos, debido a que es una ciudad en la que existe fuerte concentración de agentes contaminantes, provenientes de las actividades petroleras, así como de la cercanía con la costa del Golfo de México. Por tal motivo es importante evaluar el fenómeno de la corrosión atmosférica en el acero galvanizado con tratamiento de pasivado a fin de determinar cómo influye el pasivado frente a la corrosión [1,2].

2. METODOLOGÍA

Se exponen placas de acero galvanizado comercial, durante las estaciones del año, según lo establecido en la norma ISO 8565. Se utilizan técnicas electroquímicas para evaluar el acero galvanizado sin y con tratamiento de pasivado expuesto a la corrosión atmosférica de Poza Rica; Resistencia a la Polarización Lineal (Rp), Monitoreo del Potencial de Corrosión (Ecorr), Curvas de Polarización Potenciodinámicas (CP) y Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIE) bajo la normatividad vigente; ASTM G59-97 y NOM G5-94 [1,3].

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos a través de la técnica EIE para el acero galvanizado pasivado al inicio de la exposición y en las estaciones de otoño e invierno, Figura 1, presentan incremento de la impedancia real e imaginaria conforme transcurre el tiempo de exposición lo que significa un mejor desempeño frente a la corrosión consecuencia de la disolución del zinc [1, 4].

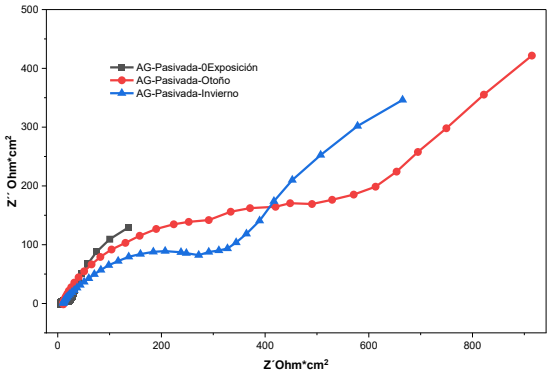


Figura 1. EIE en Bode para el acero galvanizado pasivado en exposición atmosférica.

4. CONCLUSIONES

El tratamiento de pasivado en el acero galvanizado mejora el comportamiento frente a la corrosión, debido a la formación de productos en la superficie que ralentizan la velocidad de disolución metálica ante la atmósfera industrial y marina producto de la cercanía con la costa.

5. REFERENCIAS

[1] G. Lugo, et al, ECS Transaction, volumen 110, 29 (2023).

[2] E. Gallardo-Castán, et al, Journal of the Mexica Chemical Society, volumen 67, 483, (2023).

[3] S. Thomasa, I.S. Cole and M. Sridhar. *Electrochemica Acta.* **97** p. 192-201 (2013).

[4] X. G. Zhang. *Corrosion and Electrochemistry of Zinc*. Springer, New York (1996).

Evaluación de la formación de carbonatos en el acero al carbono galvanizado expuesto en la atmósfera de Poza Rica Veracruz mediante técnicas electroquímicas en medio con sulfatos

Presentación **Poster**

J.A. Medina Rojas[1], G. Galicia Aguilar[2], E. Gallardo Castán[1], G. Lugo Islas[1], J. L. Ramírez Reyes[2], E. A. Del Ángel Hernández[1], A. E. Galicia Badillo[1]

[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Campus Poza Rica-Tuxpan. Av. Venustiano Carranza S/N, Col. Revolución. Poza Rica Veracruz, México CP. 93390.

[2]Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Campus Veracruz-Boca del Río, Av. Juan Pablo II S/N, Costa Verde, 94292 Boca del Río, Ver.

E-mail: glugo@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión atmosférica en los materiales metálicos depende de factores como la humedad relativa, la temperatura y la presencia de contaminantes atmosféricos [1]. La atmósfera de la región norte de Veracruz cuenta con actividad petrolera e industrial, condiciones que favorecen la corrosión sobre los materiales metálicos. Por ello, este trabajo evalúa la formación de carbonatos en la superficie del acero galvanizado a través de métodos electroquímicos en la atmósfera de Poza Rica, en medio con sulfatos, con el propósito de identificar evidencia preliminar de la formación de productos de corrosión con posible efecto pasivante [2].

2. METODOLOGÍA

Se expusieron placas de acero al carbono galvanizado comercial a la atmósfera, de acuerdo con los lineamientos establecidos en la norma ISO 8565 para estudios de corrosión atmosférica. El comportamiento electroquímico del material fue evaluado mediante monitoreo del potencial de corrosión (Ecorr), Resistencia a la Polarización Lineal (Rp), Curvas de Polarización Potenciodinámicas (CP) y Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIE), siguiendo la normatividad vigente ASTM G59, ASTM G5, ASTM G106 y ASTM G3.

3. RESULTADOS

Los diagramas de Bode obtenidos mediante EIE (Figura 1) para el acero galvanizado muestran en la media frecuencia un incremento en el ángulo de fase de 23° antes de exponer a la atmósfera, posteriormente 32° con respecto de la frecuencia al mes de exposición atmosférica. Lo expresado indica un comportamiento capacitivo conforme transcurre el tiempo de exposición, disolución lenta del zinc y formación de productos de corrosión sobre la superficie del acero galvanizado con efecto protector.

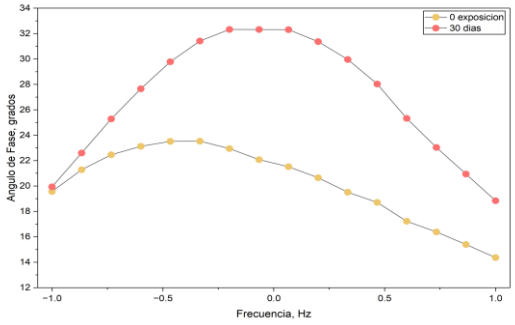


Figura 1. EIE en Bode para acero al carbono galvanizado en exposición atmosférica en Poza Rica, Veracruz en medio con sulfatos.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos mediante EIE sugieren la posible formación de una capa superficial con comportamiento protector. El seguimiento de la exposición y la caracterización complementaria permitirán determinar la naturaleza de los productos de corrosión formados.

REFERENCIAS

[1] Revie, R. W., & Uhlig, H. H. (2008). *Corrosion and corrosion control* (4th ed.). John Wiley & Sons.

[2] Bard, A. J., & Faulkner, L. R. (2001). *Electrochemical methods: Fundamentals and applications* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Estudio del comportamiento electroquímico de un acero AISI 1018 embebido en bioconcreto con presencia de bacterias *Bacillus Megaterium* expuesto a ambiente marino.

Presentación **Póster**

Y. Milán-Vega[1], R. Galván-Martínez[1], R. Orozco-Cruz[1], A. Vasquez-Marquez[1], I. R. Hernández-Cabrera[1], A. Espinoza-Vázquez, G. K. Pedraza-Basulto, A. E. Landa-Gómez[2], A. Carmona-Hernández[1]

[1] Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
[2] Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México
[3] Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, México.
E-mail: zS24025130@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La biotecnología aplicada al campo del concreto ha permitido el desarrollo de un nuevo material conocido como concreto microbiano o bioconcreto [1]. Mediante esta tecnología, los materiales de construcción se modifican con bacterias calcificantes (género *Bacillus*) para inducir la precipitación de carbonato de calcio ($CaCO_3$) a través del proceso de biomineralización.

Para evaluar el comportamiento electroquímico del acero AISI 1018 embebido en bioconcreto, se emplearon técnicas de monitoreo como el Potencial de Corrosión (E_{corr}), la Resistencia a la Polarización Lineal (Rpl), el Ruido Electroquímico (RE) y la Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIE).

2. METODOLOGÍA

Se fabricaron probetas prismáticas de concreto simple (PR01 y PR02), con grietas inducidas (PR+G01 y PR+G02), con bacterias (PR+B01 y PR+B02) y con bacterias y grietas inducidas (PR+G+B01 y PR+G+B02). En las probetas con bacterias, el 5 % (p/v) del agua de mezclado se sustituyó por un cultivo bacteriano con una concentración de **1×10^5 UFC/mL**, manteniendo una relación agua/cemento (a/c) de 0.45, de acuerdo con la norma ASTM D1141. Todas las probetas fueron evaluadas durante 98 días mediante ciclos alternados de humectación y secado, con periodos de 72 h y 96 h, respectivamente.

3. RESULTADOS

Los resultados de i_{corr} de las probetas (Figura 1) muestran que las probetas con grietas presentaron una mayor velocidad de corrosión en edades tempranas en comparación con las probetas de referencia. Sin embargo, a partir de los 56 días de evaluación, los valores de i_{corr} disminuyeron hasta ubicarse dentro del rango correspondiente a una corrosión despreciable.

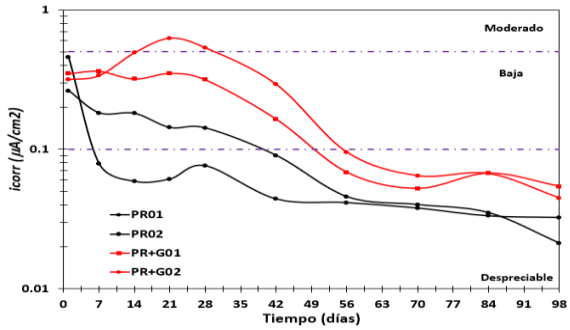


Figura 1. Valores de i_{corr} de las probetas en función del tiempo.

4. CONCLUSIONES

Los resultados mostraron una mejora significativa en el comportamiento electroquímico de las probetas de bioconcreto en comparación con las probetas de control. En consecuencia, estas presentaron una menor velocidad de corrosión, lo que puede atribuirse a la formación temprana de la capa pasiva sobre la superficie del acero y a la disminución de la porosidad de la matriz cementante.

5. REFERENCIAS

[1] E. Hernández-Piedrazul, I. Castañeda-Robles, L. Lizárraga-Mendiola. *Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI,* 176-183 Especial 2, 2022.

Evaluación de azitromicina caducada como inhibidor de corrosión para acero API X65 en medio ácido (1 M HCl)

Presentación **Poster**

A. E. Mayoral-Lagunes[1], J. A Ramírez-Cano[1], A. Carmona-Hernández[1], R. Galván-Martínez[1], R. Orozco-Cruz[1].

[1]Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz, México. C.P. 94294

E-mail: jorgeramirez02@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

Recientemente, la disposición final inadecuada de medicamentos caducos ha generado un problema multidimensional que involucra aspectos económicos, ambientales y éticos. Entre las principales causas de esta problemática se encuentra la sobreprescripción, y la complejidad asociada a la gestión de estos residuos [1]. Ante este escenario, ha surgido el interés por reutilizar compuestos farmacéuticos que, debido a sus características químicas, pueden emplearse como inhibidores de corrosión [2]. La azitromicina es un antibiótico ampliamente utilizado en el tratamiento de infecciones respiratorias, como neumonía y bronquitis. Sus propiedades químicas y estructurales lo convierten en un candidato potencial como inhibidor de corrosión orgánico. En México, la industria petrolera es uno de los pilares más importantes de la economía. Esta actividad depende de una extensa red de ductos fabricados principalmente con acero API X65, expuestos continuamente a medios agresivos que favorecen el deterioro por corrosión. En este contexto, es indispensable desarrollar estrategias de mitigación eficientes y sostenibles, como el uso de medicamentos caducos como inhibidores de corrosión.

2. METODOLOGÍA,

Se obtuvo azitromicina a partir de tabletas comerciales, se preparó una solución madre de concentración 0.01 M. Las concentraciones de prueba (10, 50 y 100 ppm) se obtuvieron mediante dilución en 40ml de 1 M HCl. Se utilizó una configuración de tres electrodos, donde el electrodo de trabajo es una muestra de acero X65 con 1cm2 de área embebida en resina epóxica, el electrodo de referencia es de calomel y el contra electrodo una barra de grafito. La preparación de superficie se llevó a cabo con un lijado uniforme con lijas de SiC en granulometría 320, 400 y 600. La secuencia experimental inició con un monitoreo del potencial de circuito abierto, seguido de resistencia a la polarización lineal, espectroscopía de impedancia electroquímica, y curvas de polarización potenciodinámicas.

3. RESULTADOS

La figura 1 presenta el efecto de concentración de azitromicina, la resistencia a la transferencia de carga aumenta con la concentración, observándose el efecto más relevante a 50 ppm y el mínimo en 10 ppm. Incluso a 10 ppm se observa un incremento considerable en la magnitud de Rtc con respecto al blanco. Por otro lado, se aprecia una sola constante de tiempo, atribuible al proceso de adsorción de azitromicina en la superficie de acero X65.

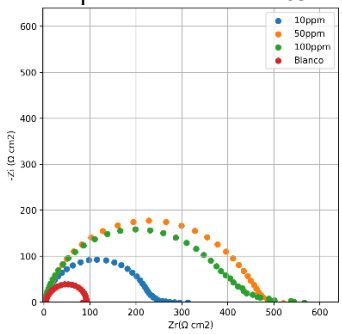


Figura 1. Diagrama de Nyquist para acero API X65 en HCL 1M a diversas concentraciones de Azitromicina

4. CONCLUSIONES

La evaluación de azitromicina como potencial inhibidor de corrosión generó un resultado favorable, incrementando la resistencia a la trasferencia de carga en todas las concentraciones, encontrándose el mayor efecto a una concentración de 50 ppm.

5. REFERENCIAS

[1] F. Alnahas, et al.. *IJERPH*, 17(3), 787. (2020).

[2] , J. A Ramírez-Cano, & Orozco-Cruz, R. *Revista d divulgación científica iBIO*, 6(2), 178-178. (2024).

Efecto de la incorporación de partículas de CuO/Cu₂O en recubrimientos marinos aplicados a estructuras navales

Presentación Poster

F. Rivas Aquino[1,*], E. Mejía Sánchez[1], M. Á. Hernández Pérez[1], A. Espinoza Vazquez[1], R. Galván Martinez[1] , E. Onofre Bustamante[2], R. Orozco Cruz[1],

[1] Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Maestría en Ingeniería de Corrosión, Boca del Río, Veracruz, México, C.P. 94294.

[2] CICATA Unidad Altamira, Instituto Politécnico Nacional, Altamira, Tamaulipas, México, C.P. 89600.

E-mail: Zs24025125@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión y la bioincrustación marina deterioran los recubrimientos protectores de las estructuras navales, al favorecer la formación de biopelículas, la adhesión de organismos y microambientes que aceleran la degradación del sustrato. Estos fenómenos incrementan la resistencia hidrodinámica, el consumo de combustible y los costos de mantenimiento [1,2]. Ante la necesidad de formular recubrimientos más eficientes y ambientalmente responsables, este trabajo evalúa la incorporación de partículas de óxido cúprico (CuO) y óxido cuproso (Cu_2O) en un sistema epóxico marino, considerando su posible contribución como aditivos funcionales con efecto antiincrustante y anticorrosivo [3].

2. METODOLOGÍA

Se prepararon diez sistemas experimentales: control; CuO al 1, 3 y 5 %; Cu_2O al 1, 3 y 5 %; y mezclas CuO/Cu_2O al 1, 3 y 5 %. Las formulaciones se elaboraron con Hempadur Quattro XO 17820, agente de curado 97082 y thinner, aplicadas sobre 60 placas metálicas con primario inorgánico de zinc. Las partículas se caracterizaron por dispersión dinámica de luz (DLS). Además, se controló el espesor seco de película, se montaron placas para exposición marina y se prepararon muestras para ensayos acelerados de niebla salina, radiación UV y nanoindentación instrumentada.

3. RESULTADOS

El CuO presentó menor tamaño hidrodinámico que el Cu_2O, lo que sugiere una dispersión más fina dentro de la matriz epóxica. En las placas sometidas a ensayos acelerados se observó continuidad visual de la película y ausencia de falla generalizada. La nanoindentación evidenció que la formulación CuO 3 % presentó el mejor comportamiento mecánico superficial, con mayor dureza y módulo elástico, mientras que Cu_2O 5 % mostró menor resistencia a la penetración. Los datos relevantes de caracterización y desempeño superficial se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados relevantes de caracterización y desempeño superficial.

Sistema	Resultado destacado	Valor	Interpretación
CuO – DLS	Tamaño de partícula	0.59 µm	Menor tamaño de partícula y mejor potencial de dispersión.
Cu_2O – DLS	Tamaño de partícula	1.42–2.36 µm	Mayor tamaño de partícula respecto al CuO.
CuO 3 %	HV	59.83 HV	Mejor desempeño mecánico superficial, caracterizado por mayor dureza y rigidez, así como menor penetración del indentador.
	EIT	37.34 GPa	
	hmax	1.54 µm	

4. CONCLUSIONES

La incorporación de CuO/Cu_2O modificó las propiedades físicas y mecánicas del recubrimiento epóxico marino. De forma preliminar, el sistema CuO 3 % se perfila como la formulación con mejor desempeño superficial, por su mayor rigidez y menor profundidad de indentación. Estos resultados permiten continuar con la evaluación de exposición marina y técnicas electroquímicas para correlacionar concentración de partículas, bioincrustación y protección frente a la corrosión.

5. REFERENCIAS

[1] A. Karyani, M. Mahani, I. Yulianto, *Marine Pollution Bulletin*, **187**, 115497, (2023).

[2] A. Lindholdt, K. Dam-Johansen, S. M. Olsen, D. M. Yebra, L. S. Christ, S. Kiil, *Biofouling*, **31**, 759,

Evaluación del comportamiento electroquímico de aleaciones de Ti6Al4V manufacturada por aditiva y convencional en ambientes de bacterias para aplicación dental

Presentación **Poster**

F.H. Estupiñan Lopez[1*], M.A. De La Garza Ramos[2], C. Gaona Tiburcio[1], J.A. Cabral Miramontes[1], M.S. Huerta Zavala[1], F. Almeraya Calderon[1]

[1] Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL; Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, FIME; Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica, CIIIA
Av. Universidad s/n Cd. Universitaria. San Nicolás de los Garza. Nuevo León. México.

[2] Universidad Autónoma de Nuevo León, UNAL, Facultad de Odontología.

E-mail: festupinan.ciiia@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN.

Los implantes dentales son dispositivos susceptibles a los medios y procesos fisiológicos de la cavidad oral. La corrosión electroquímica, producida por la acción de los medios electrolíticos, como lo es la saliva, actúa sobre la superficie metálica implantaría provocando la eventual degradación y liberación de productos nocivos a los tejidos periimplantarios. Las nuevas tecnologías como la manufactura aditiva [1]. generan una oportunidad para la fabricación de implantes dentales adaptados a las necesidades de los clientes, sin embargo, estas tecnologías deben ser evaluadas y comparadas con las tecnologías actuales para identificar sus ventajas y desventajas.

2. METODOLOGÍA

Se realizo la caracterización metalográfica del material fabricado por SLM y convencional (aleación de Ti6A14V) y de comportamiento electroquímico mediante técnicas electroquímicas de potencial a circuito abierto, ruido electroquímico y curvas de polarización cíclica, en ambientes de bacterias propies de la cavidad bucal (Streptococcus gordonii y F. nucleatum). Posteriormente, se llevó a cabo mediante microscopia electrónica de barrido una visualización a diferentes magnificaciones sobre la morfología de ataque y la composición química de la superficie de la aleación.

3. RESULTADOS

Las aleaciones de Ti6Al4V fabricadas por SLM mostraron mayor corrosión inicial en la solución combinada de Streptococcus gordonii y Fusobacterium nucleatum, mientras que las convencionales superaron sus valores tras 48 horas. En *F. nucleatum* y Lactato de Ringer, ambas aleaciones tuvieron bajas velocidades de corrosión hasta 96 horas. Las curvas de polarización indicaron corrosión generalizada, y el análisis MEB-EDS reveló porosidades y depósitos microbianos que favorecen la colonización y la actividad corrosiva.

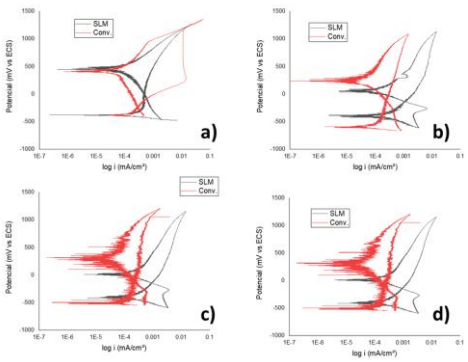


Figura 1. Curvas de Polarización Cíclica de las aleaciones Ti64 fabricadas por SLM y convencional en la solución de Streptococcus gordonii y Fusobacterium nucleatum. a) 0h, b) 24h, c) 48h y d) 96h

4. CONCLUSIONES

Tras 96 horas, el Ti6Al4V fabricado por SLM mostró menor corrosión en la solución combinada de Streptococcus gordonii y F. nucleatum, mientras que en F. nucleatum individual fue mayor. La aleación SLM presentó activación anódica sin pasivación y defectos que retienen metabolitos bacterianos.

5. REFERENCIAS

[1] Tian, Y., Chen, C., Xu, X., Wang, J., Hou, X., Li, K., Lu, X., Shi, H., Lee, E.-S., & Jiang, H. B. (2021). A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. Scanning, 2021, e9950131.

Evaluación electroquímica del acero inoxidable 316 en concretos ternarios sustentables

Presentación **Poster**

T.R. San Martín-San Martín[1], L. Landa-Ruiz[1], C.T. Méndez-Ramírez[1], M.A. Baltazar-Zamora[1], F. Almeraya-Calderón[2], C. Gaona-Tiburcio[2], A.E. Landa-Gómez[1*]

[1]Facultad de Ingeniería Civil - Xalapa, Universidad Veracruzana, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.

[2]FIME – CIIIA, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

E-mail: aldlanda@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión del acero de refuerzo es uno de los principales problemas patológico que afecta la durabilidad de las estructuras de concreto reforzado (ECR) [1]. De acuerdo con lo anterior, se han implementado métodos de prevención directos como la utilización de aceros inoxidables e indirectos al acero de refuerzo como la utilización de materiales cementantes suplementarios que en combinación contribuyen al incremento de la durabilidad de las ECR [2]. El objetivo del presente trabajo es evaluar el comportamiento electroquímico del acero inoxidable 316 embebido en concretos ternarios sustentables con diferentes porcentajes de sustitución de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) y humo de sílice (HS), mediante técnicas electroquímicas en un medio de exposición marino.

2. METODOLOGÍA

Se elaboraron sistemas acero-concreto ternarios, constituidos por acero AISI 1018 y acero inoxidable 316 embebidos en concretos ternarios con relación agua/cemento de 0.65, con sustituciones parciales del 10, 20, 30, 40 y 50% al cemento portland compuesto (CPC) por CBCA y HS. Los sistemas se sometieron a un medio de exposición marino, mediante la inmersión de los sistemas acero-concreto ternario en agua de mar con el propósito de acelerar el proceso de deterioro por corrosión. Finalmente, se realizó el seguimiento del potencial de corrosión (E_{corr}) y se utilizó la técnica electroquímica de Resistencia a la Polarización (Rp), para evaluar la densidad de corriente de corrosión (i_{corr}).

3. RESULTADOS

En la figura 1, se presentan los resultados de la densidad de corriente de corrosión (i_{corr}) de los aceros AISI 1018 y acero inoxidable 316 embebidos en los concretos ternarios en un periodo de 180 días.

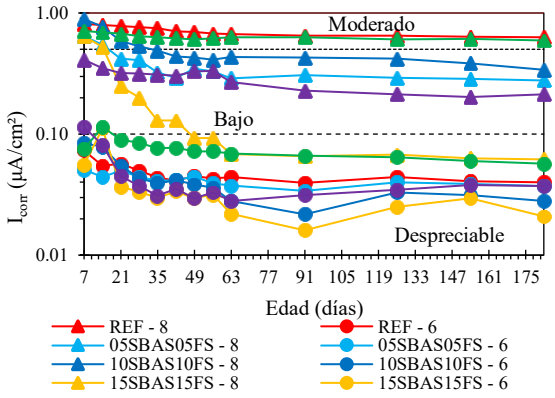


Figura 1. i_{corr} de los sistemas acero-concreto ternarios en función del tiempo.

4. CONCLUSIONES

La sustitución parcial del CPC por CBCA-HS en los sistemas acero-concreto, contribuyeron al mejoramiento de la microestructura de los concretos ternarios. La densificación de la matriz cementante provocó a la formación de una película pasiva de mayor resistencia en el sistema 15SBAS15FS, lo anterior mejoró el comportamiento electroquímico, lo que se constató con la disminución de la i_{corr}.

5. REFERENCIAS

[1] Landa Gómez, A. E., Fajardo San Miguel, G., Cruz Moreno, D., Orozco Cruz, R., y Galván Martínez, *R. Nova Scientia,* **14**, 1, (2022).

[2] V.A. Franco-Luján, M.A. Maldonado-García, J.M. Mendoza-Rangel, P. Montes-García, *Constr. Build. Mater.*, **198**, 608, (2019).

Estudio electroquímico de los aceros AISI 1018 y AISI 1018 galvanizado embebidos en concretos binarios expuestos a lluvia ácida simulada

Presentación **Poster**.

T.R. San Martín-San Martín[1], L. Landa-Ruiz[1], C.T. Méndez-Ramírez[1], M.A. Baltazar-Zamora[1], F. Almeraya-Calderón[2], C. Gaona-Tiburcio[2], A.E. Landa-Gómez[1*]

[1]Facultad de Ingeniería Civil - Xalapa, Universidad Veracruzana, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.

[2]FIME – CIIIA, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

E-mail: aldlanda@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN.

La corrosión del acero de refuerzo es la causa más común de degradación que sufren las estructuras de concreto reforzado (ECR) [1]. En los últimos años, la industria del cemento ha sido responsable de aproximadamente el 5% de las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono (CO_2) [2]. Esta situación ha impulsado la búsqueda e implementación de materiales cementantes suplementarios (MCS), como la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA), un residuo agroindustrial cuya disposición final representa un desafío ambiental y que, debido a las dificultades asociadas con su eliminación, puede convertirse en una fuente importante de contaminación. La sustitución parcial del cemento portland compuesto (CPC) por CBCA ha demostrado mejorar las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad del concreto [3]. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento electroquímico de los aceros AISI 1018 (AC) y acero AISI 1018 galvanizado (AG) embebidos en concretos binarios con sustitución parcial de CPC por CBCA, mediante técnicas electroquímicas y bajo condiciones de exposición a lluvia ácida simulada, con el fin de determinar la influencia de este material cementante suplementario en la resistencia a la corrosión de los sistemas acero-concreto

2. METODOLOGÍA

Se elaboraron sistemas acero-concreto binarios conformados por acero AC y AG, embebidos en concretos con una relación agua/cemento de 0.50 y sustituciones parciales del CPC por CBCA del 5, 10 y 15 %. Los sistemas fueron sometidos a ciclos compuestos de 96 horas de humectación en lluvia ácida simulada y 72 horas de secado, con el fin de acelerar el proceso el daño de los sistemas. Asimismo, se empleó la técnica electroquímica de resistencia a la polarización (Rp) para evaluar el comportamiento electroquímico de los aceros de refuerzo.

3. RESULTADOS

En la figura 1, se presentan los resultados de la densidad de corriente de corrosión (i_{corr}) de los aceros AC y AG embebidos en los concretos binarios en un periodo de 60 días.

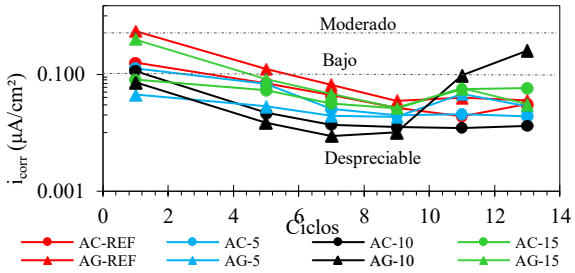


Figura 1. i_{corr} de los sistemas acero-concreto.

4. CONCLUSIONES

La sustitución parcial del CPC por CBCA mejoraron la resistencia a la polarización de los aceros en los concretos binarios que se sustentó con los sistemas AC-10 y AG-10, los cuales presentaron un decremento de la i_{corr} en un 54% y 53% con respecto al sistema AC-REF y AG-REF, respectivamente.

5. REFERENCIAS

[1] U.M. Angst, *Cement and Concrete Research*, **172**, 107239, (2023).

[2] M. F. Alnahhal, U. J. Alengaram, M. Z. Jumaat, F. Abutaha, M. A. Alqedra, R. R. Nayaka, *Journal of Cleaner Production*, **203**, 822-835, (2018).

[3] S.Subhani, S. M. Subhani, A. Bahurudeen, *Materials Today Sustainability*, **28**, 100954 (2024).

Protección catódica fotoelectroquímica de un acero inoxidable mediante fotoánodos nanoestructurados de TiO_2 dopados con N y Ag_3PO_4.

Presentación **Poster**

D. T. Románo-Olvera[1,2], R. Galván-Martínez[1], R. Orozco-Cruz[1] E. Palacios-Gonzalez[2], A. Carmona-Hernandez[1]

[1] Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

[2] Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

[3] Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas, Ciudad de México, Mexico.

E-mail: andcarmona@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La protección catódica (PC) constituye uno de los métodos más utilizados para la prevención y control de la corrosión en medios continuos como agua, suelo y concreto. En años recientes, ha cobrado interés una tecnología emergente denominada protección fotocatódica (PFC), orientada al aprovechamiento de la energía solar mediante el uso de materiales semiconductores con propiedades fotoeléctricas, capaces de transformar la radiación incidente en energía eléctrica [1]. Se han desarrollado algunas alternativas para mejorar el desempeño fotoelectroquímico del fotoánodo, siendo una de ellas el dopado con elementos metálicos o no metálicos que modifican la estructura reticular y reducen el gap de energía [2]. En el presente trabajo se evaluó la respuesta fotoelectroquímica de fotoanodos de TiO_2 dopados con N y nanopartículas de Ag_3PO_4 para la PFC del acero inoxidable en medio marino simulado.

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron mediante anodización electroquímica películas de TiO_2, las cuales fueron dopadas posteriormente con N en inmersión en una solución de amoniaco, y llevadas a tratamiento térmico a 450°C. Posteriormente un conjunto de muestras se dopó mediante precipitación química en una solución química adecuada con nanopartículas de Ag_3PO_4, obteniéndose 3 muestras: TiO_2, N-TiO_2 y N/Ag_3PO_4-TiO_2. Las técnicas electroquímicas empleadas fueron de Espectroscopia de Impedancia electroquímica (EIS) y mediciones de potencial y corriente mediante el método de amperímetro de resistencia cero (ZRA) con las celdas de corrosión y celda electroquímica acopladas.

3. RESULTADOS

En la Figura 1, los diagramas de Nyquist muestran que la irradiación de luz produce una disminución de la trasferencia de carga, siendo el diámetro del semicírculo más pequeño para las muestras dopadas con N y Ag_3PO_3. Esto indica una mayor eficiencia en la separación de portadores de carga fotogenerados y una aceleración de las reacciones electroquímicas sobre la superficie del inoxidable.

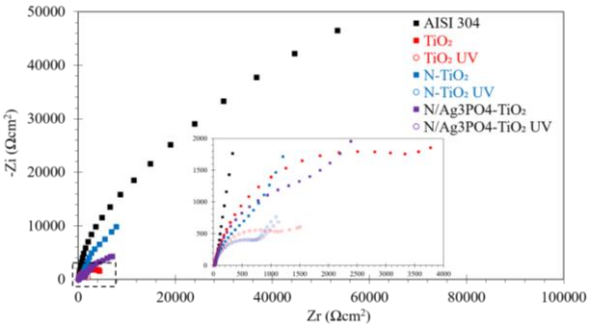


Figura 1. Diagrama de Nyquist del acero SS304 en solución 3.5% NaCl con y sin acoplado con los fotoánodos estudiados en condiciones de oscuridad e iluminación.

4. CONCLUSIONES

Los fotoánodos que presentaron un potencial fotoinducido más negativo y una mayor densidad de corriente fotoinducida fueron los dopados con N. La adición de las nanopartículas de Ag_3PO_4 no tuvieron una influencia significativa en el desempeño del fotoánodo para la PFC.

5. REFERENCIAS

[1] D. Xu, Y. Liu, Y., Liu, F. Chen, C. Zhang, & B. Liu *Materials & Design*, **197,** 109235. (2021).

[2] X. Chen, G. Zhou, X. Wang, H., Xu, H., C. Wang, Q, Yao, & Z. Zhang, Z.. *Chemosphere*, **323**, 138194. (2023)

Comportamiento de corrosión de películas delgadas de acero inoxidable 430 depositadas mediante APPJ sobre acero al carbono 1018

Presentación **Poster**

S.F. González González[1*], J.A. Cabello Méndez[2], J.J. Pérez Bueno[1]
[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica
[2]Instituto Mexicano del Transporte
E-mail: fgonzalez@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los polvos de acero inoxidable son de gran interés industrial y, al emplearse como películas delgadas, constituyen una alternativa prometedora para mejorar la resistencia a la corrosión de diversos sustratos. El acero al carbono forma una película pasiva de óxidos de hierro con estabilidad limitada, lo que favorece los procesos corrosivos. Aunque la obtención de películas delgadas suele realizarse mediante técnicas como EB-PVD, IBD y pulverización catódica con magnetrón [1], el Jet de Plasma a Presión Atmosférica (APPJ) surge como una alternativa atractiva al no requerir sistemas de alto vacío. Además, las especies reactivas generadas durante el proceso favorecen la adhesión de las partículas sobre el sustrato, permitiendo la formación de recubrimientos con mejores propiedades físicas y mayor resistencia a la corrosión [2–3]. El presente trabajo tiene como finalidad evaluar el comportamiento frente a la corrosión de películas delgadas de acero inoxidable depositadas mediante APPJ sobre sustratos de acero 1018, estableciendo la relación entre sus propiedades físicas y su respuesta electroquímica, con el propósito de determinar la influencia del recubrimiento en la protección contra la corrosión del sustrato.

2. METODOLOGÍA

Se empleó un sistema de Jet de Plasma a Presión Atmosférica Plasma Plus®, acoplado a un brazo robótico Yaskawa. Asimismo, se utilizó un nebulizador ultrasónico marca YUE HUA, para generar una suspensión atomizada de partículas de AISI 430, las cuales fueron transportadas hacia la región activa del plasma y dirigidas hacia el sustrato de AISI 1018. Los tiempos de deposición evaluados fueron de 0.5, 5 y 12 minutos. Posteriormente, las películas se caracterizaron fisicoquímicamente. La resistencia a la corrosión se evaluó en NaCl mediante mediciones de Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS) y Polarización Potenciodinámica Cíclica (PPC).

3. RESULTADOS

Los resultados muestran que las películas delgadas presentan espesores de 41, 75 y 116 nm, con crecimiento por mecanismo de islas, alta rugosidad, adherencia 4B y comportamiento hidrofóbico. La composición química confirmó la deposición de AISI 430 sobre AISI 1018. Las películas mejoran la resistencia a la corrosión, de acuerdo a la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de resistencia a la corrosión.

Muestra	Rct (Ω)	Ecorr (mV)	Rp (Ω·cm²)	VCorr (mmpa)
1018	845.4	-737	1585	0.012661
0.5 min	991.6	-736	1721	0.012664
5 min	1187.5	-704	5214	0.008204
12 min	1266.3	-707	6016	0.007267

4. CONCLUSIONES

Las películas delgadas de AISI 430 presentan una morfología de crecimiento tipo islas la cual es atribuida al tamaño nanométrico y morfología del polvo precursor. Además, el ángulo de contacto evolucionó de un comportamiento hidrofílico a los 0.5 min de deposición a uno hidrofóbico a los 5 min. Asimismo, la resistencia a la corrosión de las películas incrementa con el con respecto al tiempo de depósito, lo que se atribuye al aumento en la resistencia a la transferencia de carga, gracias a la morfología y rugosidad de las películas delgadas que impiden la facilidad del paso del electrolito a la superficie.

5. REFERENCIAS

[1] O. O. Abegunde *et al.*, *AIMS Materials Science,* 6, 174, (2019).
[2] Y. W. Hsu, H. C. Li, Y. J. Yang, and C. C. Hsu, *Thin Solid Films*, 519, 3095, (2011).
[3] A. Quispe, J. Quispe, and L.F Pérez Falcón, *Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac*, 9, (2024).

Recubrimiento generado mediante anodizado en aleación de magnesio AZ31B para la protección contra la corrosión en implantes médicos.

Presentación **Poster**

C. N. Cabral Miramontes[1], I. Z. Ramírez León[1], C. Gaona Tiburcio[1], F. Almeraya Calderón[1], M. Lara Banda[1], F. J. Olguin Coca[2], J. A. Cabral Miramontes[1*]

[1]Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica.

[2]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

E-mail: jose.cabralmr@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los implantes biodegradables han tomado gran importancia. Entre ellos destaca el magnesio y sus aleaciones por su resistencia mecánica, biocompatibilidad y buen comportamiento biológico.

Desafortunadamente el magnesio se corroe rápidamente en medios fisiológicos simulados, libera hidrogeno y compromete la integridad mecánica del implante. Por ello, es importante controlar y reducir la corrosión hasta niveles aceptables para su aplicación en biomedicina. Una alternativa, es crear una capa rica en oxigeno de manera controlada sobre la superficie del magnesio mediante un proceso de anodizado.

Al obtener una capa de magnesia con un espesor y un recubrimiento homogéneo, se garantiza mayor protección. Esto debido a que la solución de anodizado proporcionara una protección en la superficie contra la corrosión y una degradación más lenta del biomaterial, misma que se puede obtener con distintas variables de trabajo y soluciones electrolíticas [1, 2].

2. METODOLOGÍA

Para la fabricación del anodizado se empleó como material base placas de magnesio AZ31B, las soluciones electrolíticas para el anodizado fueron KOH, NaOH y $CaHPO_4$ a distintas concentraciones molares de 0.1, 0.5 y 1.0M aplicando densidades de corriente de anodizado de 1.5, 2.0 y 2.5 A/dm^2, a temperatura ambiente de 25 °C durante 30, 45 y 60 min. Seguido de sellados con agua y fosfato de calcio a 95°C durante 15 min. La evaluación de la aleación AZ31B anodizada se efectuó a través de las técnicas electroquímicas: espectroscopia de impedancia electroquímica (EIE) y curvas de polarización potenciodinámicas (CPP) en una solución fisiológica simulada Hartmann a 37°C. Se utilizó microscopia electrónica de barrido para determinar la morfología superficial y el espesor de los anodizados.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se presentan las curvas de polarización de las muestras anodizadas con NaOH y sus distintas condiciones de anodizado. Se puede observar que todas las muestras anodizadas presentaron densidades de corriente de corrosión menores al magnesio AZ31B sin anodizado.

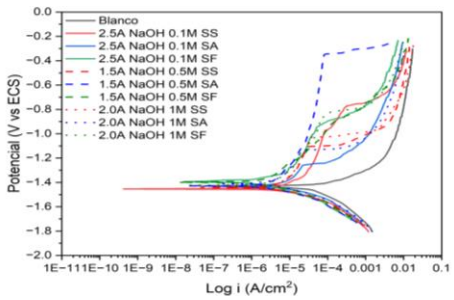


Figura 1. Curvas de polarización potenciodinámicas del magnesio anodizado en NaOH.

4. CONCLUSIONES

Las muestras anodizadas mejoraron la resistencia a la corrosión frente al AZ31B sin anodizar, y el sellado reforzo la capa protectora reduciendo las grietas sobre la superficie del magnesio AZ31B.

5. REFERENCIAS

[1] J. Cabral Miramontes, C. Gaona Tiburcio, F. Estupiñan López, F. Almeraya Calderón. Corrosion Resistance of Aluminum Alloy AA2024 with Hard Anodizing in Sulfuric Acid-Free Solution (2022).

[2] J. Cabral Miramontes, C. Gaona Tiburcio, F. Estupiñan López, F. Almeraya Calderón. Corrosion resistance of hard coat anodized AA 6061 in citricsulfuric solutions. Coatings,10, 601, (2020).

Evaluación de la inhibición de la corrosión por derivados de Acetilcumarinas en acero API 5L X70 en 3% de NaCl y diferentes condiciones hidrodinámicas.

Poster

Martínez-Alba E.[1], Guerrero-Briseño T[2]., Miralrio A.[3], Espinoza-Vázquez A.[1], Galvan Martínez R.[1], Orozco-Cruz R.[1]

[1]Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana. 94294. Boca del Río, Veracruz. México.

[2]Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias Básicas, Dr. Luis Castelazo Ayala s/n, Col. Industrial Ánimas, Xalapa, Ver., 91190, México.

[3]Tecnológico Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Av. Eugenio Garza Sada 2501, Monterrey, NL. 64849, Mexico.

E-mail: araespinoza@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN.

La corrosión de los aceros al carbono en ambientes con cloruro de sodio representa uno de los principales desafíos en la industria petrolera y de transporte de hidrocarburos, especialmente en tuberías de acero API 5L X70 [1]. Entre las estrategias más efectivas para mitigar este problema se encuentra el uso de inhibidores de corrosión orgánicos [2]. En este contexto, las cumarinas y sus derivados mostrados en la figura 1 a) 8-formil-7-hidroxicumarina (8F-7H), b) 3-bromoacetilcumarina (3-BA), c) 3-acetil-7-hidroxicumarina (3A-7H) han despertado un creciente interés debido a su capacidad de adsorberse sobre superficies metálicas, formando películas protectoras que bloquean sitios activos frente a la oxidación [3].

a) b) c)

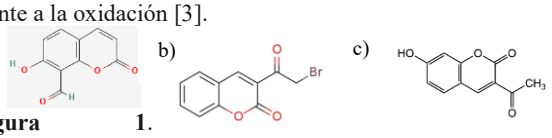


Figura 1. Estructuras químicas de los cumarinas evaluadas

2. METODOLOGÍA

La preparación de los inhibidores derivados de acetilcumarina se utilizo una concentración 0.01M y se disolvieron en agua destilada para obtener concentraciones de 0, 5, 10, 20, 50 ppm. Celda electroquímica de tres electrodos se utilizó un potenciostato, con las siguientes pruebas electroquímicas: Potencial de Circuito abierto (PCA) durante 30 min, espectroscopia de impedancia electroquímica (EIE) con una amplitud de ±10 mV de 0.1 Hz a 100kHz.

3. RESULTADOS

En términos generales, los inhibidores 3BA y 3A7H demostraron ser altamente efectivos para proteger el acero API 5L X70, alcanzando eficiencias de inhibición (EI) superiores al 95% en condiciones óptimas, caracterizándose por mostrar adsorción en el sustrato incluso bajo diferentes condiciones hidrodinámicas como 100, 500 y 1000 rpm.

Tabla 1. Eficiencias de inhibidores de corrosión derivados de acetilcumarinas.

Inhibidor	0 rpm	1000
	EI (%)	EI ('
8-formil-7-hidroxicumarina	96.5	89
3-bromoacetilcumarina	98.3	96
3-acetil-7-hidroxicumarina	91.8	96

4. CONCLUSIONES

. A velocidades de rotación de 100 a 1000 rpm) el flujo facilita el reemplazo de iones agresivos por moléculas inhibidoras en la interfase, incrementando la cobertura superficial y, por ende, la resistencia a la transferencia de carga.

5. REFERENCIAS

[1] C. M. Fernandes, L. V. Fagundes, & E. A. Ponzi Recent Developments in Analytical Techniques f Corrosion Research, p. 95-110, Springer, Nueva Yor (2015).

[2] J. D. Henao Penenrey, Á. H. Torres Victoria, (Sotelo Mazon, S. D. C. Valdez Rodríguez, C. A. Poblar Salas, C. Cuevas-Arteaga, J. Corona Castuera, J. Ramos-Hernandez, & M. Casales Díaz, Internation Journal of Corrosion and Scale Inhibition, **12**(1), 1-3 (2023).

[3] S. Ghareba & S. Omanovic, Corrosion Scienc **53**(11), 3805-3812, (2011).

Estudio de la corrosividad de los suelos del corredor interoceánico del Istmo Mexicano en un acero API X60

Presentación **Poster**

J. L. Campos Castillo[1], J. Reyes-Trujeque[2], J. Piña-Flores[1], R. Galván-Martínez[1], A. Espinoza-Vázquez[1], D. Arceo-Gómez[2], R. Orozco Cruz[1]

[1]Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz, México, C.P. 94294

[2] Instituto de Investigación en Corrosión y Preservación en Materiales, Universidad Autónoma de Campeche, San Francisco de Campeche, Mexico. C.P. 24079

E-mail: zS24025124@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN.

La corrosión en suelos representa un desafío significativo para la integridad de estructuras metálicas enterradas, ya que diversos factores fisicoquímicos como la granulometría, pH, resistividad, humedad y composición química favorecen la formación de microambientes que aceleran la degradación del metal. Estos fenómenos incrementan los riesgos de falla estructural, la necesidad de mantenimiento y los costos asociados al reemplazo de materiales. [1,2].

Ante la necesidad de comprender y mitigar los efectos de la corrosión, este trabajo se centra en la evaluación de propiedades de suelos de diferentes zonas representativas del Corredor Interoceánico del Istmo Mexicano y su relación con el comportamiento de un acero API X60

2. METODOLOGÍA

Se recolectaron muestras de suelo de seis zonas representativas del Corredor Interoceánico del Istmo Mexicano. Se evaluaron propiedades del suelo como granulometría, pH, conductividad potencial, redox, resistividad eléctrica y contenido de iones cloruros y sulfatos. Por otra parte, el análisis electroquímico consistió en colocar en los diferentes suelos un acero API X60 durante 30, 60 y 90 días de exposición. El estudio electroquímico fue a través curvas de polarización potenciodinámica aplicando un sobrepotencial ±300 mV con una velocidad de barrido de 1 mV/s.

3. RESULTADOS

Las muestras de suelo mostraron variaciones en sus propiedades fisicoquímicas como granulometría, pH y resistividad, que afectan la corrosividad del medio. El acero API X60 presento mayor corrosión en suelos agresivos y menor en suelos con propiedades menos corrosivas.

Figura 1. Zonas de recolección de muestras.

4. CONCLUSIONES

Las propiedades del suelo, influyen directamente en la corrosión del acero API X60. Los suelos mas agresivos favorecen la formación de óxidos y mayores tasas de corrosion, mientras que los suelos menos agresivos muestran menos degradación.

[1] A. W. Peabody, *Control of Pipeline Corrosion*, p. 45-47, 2nd Edition, CRC Press, Boca Raton, FL, (2001)

[2] Guillén, M. A. (2002). *Más allá de la herrumbre: Protección catódica y corrosión en estructuras metálicas* (pp. 200-215). Instituto Latinoamericano de la Ciencia y la Educación (ILCE).

Aprovechamiento de metabolitos secundarios de la cáscara de chile ancho (*Capsicum annuum* L.)mediente solventes verdes para la protección de acero AISI SAE-1045

Presentación **Oral**.

M.B. Vazquez Ramos[1], W. Sánchez Ortiz[1], E.J. Ceja Gordillo[1], J.C.Vicencio Reyes[1], M.A. Romer Romo[2], M.E. Palomar Pardavé2

[1]Tecnológico Nacional de México, TES de Ecatepec, División de Ingeniería Química y Bioquímica, Av. Tecnológico S/N, Valle de Anáhuac, C.P 55210 Ecatepec, Edo. Méx., México.

[2]Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 420, Col. Nueva el Rosario, Alcaldía. Azcapotzalco, C.P 02128, Ciudad de México.

E-mail: williamso@tese.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión representa uno de los principales problemas que afectan la integridad y vida útil de los materiales metálicos. La finalidad de este trabajo es contribuir al desarrollo de alternativas sostenibles para la obtención de inhibidores de corrosión mediante el aprovechamiento de residuos agroindustriales y el uso de disolventes eutécticos profundos. Para ello, el objetivo del estudio es evaluar la eficiencia del ethaline en la extracción de metabolitos presentes en la cáscara de *Capsicum annuum* y determinar la capacidad inhibitoria del extracto obtenido sobre acero AISI SAE 1045 en una solución de H_2SO_4 1 M mediante Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS). Asimismo, se comparará su desempeño con el del etilenglicol como solvente de referencia para analizar el efecto de la formación eutéctica en la eficiencia de extracción y en la protección contra la corrosión. [1].

2. METODOLOGÍA

Se genero del procedimiento experimental para la preparación del extracto de Capsicum annuum y su evaluación electroquímica como inhibidor de corrosión como se muestran a continuación.

3. RESULTADOS

Los diagramas de Nyquist del sistema con Ethaline muestran un incremento en el diámetro de los semicírculos al aumentar el volumen de inhibidor, lo que indica una mayor resistencia a la transferencia de carga. Este comportamiento confirma la formación de una película protectora sobre el acero y una mejora en la eficiencia anticorrosiva.

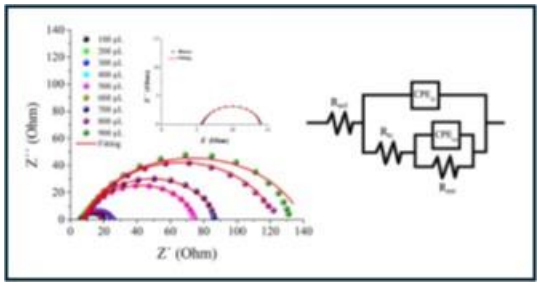


Figura 1. Diagrama de Nyquist del acero AISI-SAE 1045 inmerso en una solución de H2SO4 1M con diferentes volúmenes de extracto metanólico.

4. CONCLUSIONES

El DES Ethaline mostró una mayor eficiencia inhibidora que el etilenglicol, alcanzando valores de 90–95% entre 500 y 800 µL. En contraste, el etilenglicol logró una eficiencia similar únicamente a 800 µL. Estos resultados destacan el potencial del Ethaline como solvente e inhibidor verde de corrosión.

5. REFERENCIAS

[1] J. Ávila Mendoza y J. Genescá Llongueras, Más allá de la herrumbre I, p. 25, Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México, México, (2013).

Evaluación del acero 316L en medio ácido, básico y neutro mediante técnicas electroquímicas

Presentación **Poster**

J. L. García Ocampo[1], E. C. Menchaca Campos[1], M. Flores Domínguez[2], Y. Díaz Blanco[1], J. Uruchurtu Chavarín[1]

[1]Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, UAEM, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa 62209, Cuernavaca, Morelos, México.

[2]Tecnológico de Monterrey, Campus Cuernavaca, Autopista del Sol Km 104, Col. Real del Puente, C.P. 62790, Xochitepec, Morelos, México.

E-mail: jl.garoca9412@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN.

El acero inoxidable AISI-316L presenta una alta capacidad de pasivación debido a la formación de una película protectora de óxidos metálicos. Sin embargo, el pH y la presencia de cloruros pueden comprometer su estabilidad y favorecer la corrosión localizada [1]. En este estudio se evaluó la respuesta electroquímica del AISI-316L con diferentes técnicas electroquímicas en tres medios diferentes (ácido,básico y neutro) [2,3] y ocho repeticiones para hacer un estudio estadístico. Se caracterizó con DRX y microscopía óptica.

2. METODOLOGÍA

Con DRX se determinó la estructura cristalina y las fases presentes. Con el microscopio óptico se reveló la microestructura del acero. Las muestras se encapsularon en resina epoxica y se pulieron con lijas desde 120 hasta 1500. Se utilizó una celda de 3 electrodos con un contraelectrodo de grafito, un electrodo de referencia de Ag/AgCl y un electrodo de trabajo (AI-316L) con 3 electrolitos: ácido 0.01M H_2SO_4, básico 0.1M NaOH y neutro 3.5% de NaCl.

3. RESULTADOS

El difractograma (Fig. 1) presenta picos característicos de la estructura cúbica centrada en las caras. La micrografía revela la presencia de fases austeníticas.

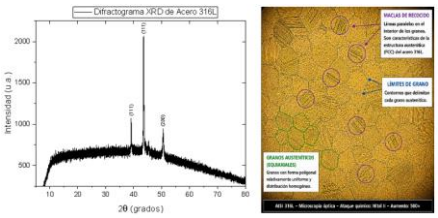


Figura 1. Caracterización microestructural y cristalográfica del acero inoxidable 316L.

La Tabla 1 presenta los parámetros electroquímicos R_p, R_n e I_{corr} del acero inoxidable 316L. El medio ácido favorece la corrosión activa, con mayor valor promedio de I_{corr} y menor R_p. En medio neutro con cloruros se forma una película pasiva, aunque los Cl^- pueden inducir picadura y repasivación. En medio alcalino se desarrolla una película pasiva más estable y compacta, proporcionando mayor resistencia a la corrosión.

Tabla 1. Parámetros electroquímicos obtenidos por las técnicas LPR y EN en 3 diferentes medios.

Parámetro	R_p (Ω*cm^2)	$I_{corr,Rp}$ (μA/cm^2)	R_n (Ω*cm^2)	$I_{corr,Rn}$ (μA/cm^2)
Básico	241,226	0.215	1,901,190	0.027
Neutro	190,583	0.1364	426,109	0.061
Ácido	6,527	3.983	186,457	0.139

4. CONCLUSIONES

Se confirma una matriz austenítica pura. Los resultados electroquímicos demostraron un estado pasivo en medio alcalino, medio neutro repasivación y picaduras, en medio ácido disolución de la capa pasiva. La mínima velocidad de corrosión se alcanzó en la solución alcalina, corroborando la formación de una capa pasiva más homogénea y estable.

5. REFERENCIAS

[1]Z. Wang, A. Seyeux, S. Zanna, V. Maurice, P. Marcus, Electrochimica Acta, 329, 135159, (2020)

[2]K. Morshed-Behbahani, P. Najafisayar, N. Zakerin, M. Pakshir, Materials Research Express, 8, 056501, (2021).

[3]A. Moteshakker, I. Danaee, Journal of Materials Science & Technology, 32, 282, (2016).

Síntesis de recubrimientos basados en caseinato de sodio y extracto de cáscara de naranja utilizando DES, para la inhibición de la corrosión

Presentación **Poster**

W. Sánchez Ortiz[1*], M. B. vazquez-Ramos[1], I. Mejía Caballero[2], J. I. Aldana Gonzalez[2], M. E. Palomar Pardavé[2], M. A. Romero Romo[2]

[1]Tecnologico Nacional de México, TES- Ecatepec, Ecatepec de Morelos, Edo. de México

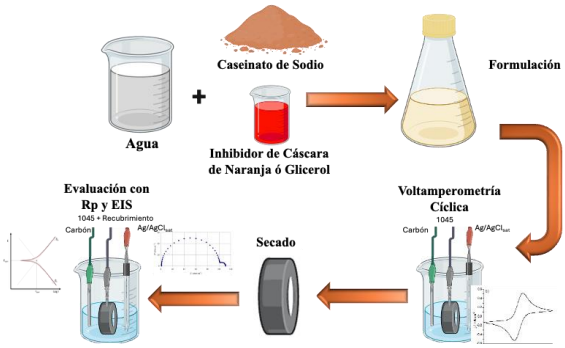
[2]Universisdad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco, Azcapotzalco, CDMX.

E-mail: williamso@tese.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión del acero AISI 1045 representa un desafío crítico para la industria, impulsando la búsqueda de alternativas sostenibles frente a los inhibidores sintéticos tradicionales [1]. En este contexto, el desarrollo de recubrimientos compuestos a base de caseinato de sodio, reforzados con extractos naturales de cáscara de naranja obtenidos mediante disolventes eutécticos profundos (DES), surge como una estrategia innovadora bajo los principios de la química verde [2]. Los DES actúan como solventes biodegradables y eficientes para extraer compuestos bioactivos, los cuales, al ser integrados en una matriz polimérica de caseinato, forman una barrera protectora eficaz sobre las superficies metálicas. Este enfoque no solo optimiza la resistencia mecánica y anticorrosiva del material, sino que también promueve la valorización de residuos agroindustriales en aplicaciones de alta ingeniería [3].

2. METODOLOGÍA



3. RESULTADOS

En la figura 1c se muestra que la formulación del caseinato de sodio para la generación del recubrimiento se alcanzó el límite de la corriente en 10 ciclos. En la Figura 1b se muestra los sistemas de recubrimiento con extracto, con glicerol y sin tratamiento (blanco), se observó claramente en las curvas de polarización existe una modificación en los valores electroquímicos considerable. Sin embargo, el recubrimiento con extracto de cáscara de naranja mantiene un comportamiento más estable en comparación con el blanco, pero no tanto como la muestra con glicerol. Presentando una mayor resistencia claramente el aporte que le da el extracto de naranja sobre la formulación del recubrimiento. Al someterlo en un sistema de H_2SO_4 1 M, se observo que a pesar que se tiene una protenia bajo estas condiciones no se degrado el recubrimiento.

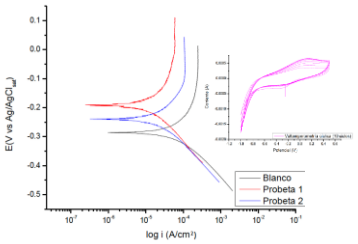


Figura 1. a) Electropolimerización de la formulación del caseinato de sodio + extracto de cascara de naranja y b) evaluación del recubrimiento con extracto de naranja o glicerol.

4. CONCLUSIONES

La formulación de recubrimientos naturales permite ayudar en la protección ante de la corrosión de una manera sostenible, limpia y amigable con el medio ambiente, cabe señalar que se requiere de una mayor evaluación para determinar el alcance de dichos recubrimientos.

5. REFERENCIAS

[1] Smith, A. et al. *Avances en recubrimientos biodegradables para la protección de metales*. Journal of Green Materials. (2024).

[2] García, M. & López, R. *Uso de disolventes eutécticos en la extracción de fitocompuestos para inhibición corrosiva*. Engineering Chemistry Review, (2025).

[3] Torres, J., *Aplicación de biopolímeros en la mitigación de degradación del acero AISI 1045*. Sustainable Industrial Technologi (2026).

Extractos Iónicos de la Hoja Azadirachta Indica (Neem) y de Opuntia Ficus-Indica (Nopal para el Control de la Corrosión en Aceros Industriales

Presentación **Poster**

H. Herrera Hernández[1*], I. Z. Ramírez León[1], C.O. González Morán[1], J. Morales Hernández[2]

[1]Laboratorio de Investigación en Electroquímica y Corrosión de Materiales Industriales, Universidad Autónoma del Estado de México, Blvd. Universitario s/n, Predio San Javier Atizapán de Zaragoza, Estado de México 54500, México.

[2]CIDETEQ, Parque Tec. Querétaro, S/N, Col. Sanfandila, Querétaro 76703, México.

E-mail: hherrerah@uaemex.mx, zuryleon13@gmail.com,

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión es un proceso electroquímico que degrada progresivamente los aceros al exponerse a ambientes agresivos, afectando la integridad de las estructuras y generando pérdidas económicas y ambientales [1]. Los métodos convencionales de control incluyen recubrimientos, protección catódica e inhibidores químicos; muchos de estos últimos son tóxicos y poco sostenibles. Ante esta limitación, se plantea el uso de extractos naturales que reduzcan el daño sin comprometer la seguridad ambiental [2]. En este contexto, el neem y el nopal se emplean como inhibidores de la corrosión en aceros industriales, evaluando su efectividad mediante técnicas electroquímicas y de caracterización de materiales.

2. METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló con un enfoque teórico-experimental. Se prepararon extractos naturales de neem y nopal, los cuales fueron caracterizados mediante espectroscopía infrarroja (IR) para identificar sus componentes activos. Los ensayos se realizaron en aceros al carbono AISI 1045, 4140 y 8620, expuestos en medio ácido (HCl 1M). Para evaluar el desempeño inhibidor de los extractos se aplicaron técnicas electroquímicas como EIS y Rp, complementadas con microscopía óptica, permitiendo determinar su efectividad frente a la corrosión.

3. RESULTADOS

Figura 1, presenta que ambos extractos mostraron propiedades inhibidoras a la corrosión, aunque con distinta eficiencia. El nopal resultó tener una mejor tendencia a incrementar la EI% a partir de 6 ml. Su desempeño se atribuye a la capacidad de formar una barrera protectora, posiblemente mediante la adsorción de polisacáridos y compuestos fenólicos. El neem también presentó una inhibición aceptable, pero con menor rendimiento, confirmando que ambos extractos son alternativas viables, aunque el Nopal ofrece mayor protección frente a ambientes corrosivos.

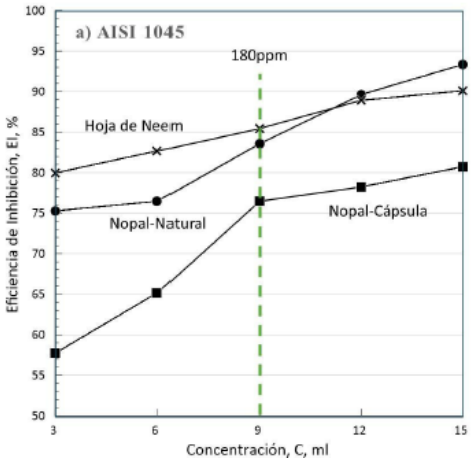


Figura 1. Resultados de Eficiencia de Inhibición (EI%) de extractos líquidos para el acero 1045.

4. CONCLUSIONES

Los resultados confirman que los extractos naturales de neem y nopal son capaces de controlar la corrosión en aceros. Esta propuesta contribuye a reducir el impacto ambiental y a prolongar la vida útil de las estructuras metálicas.

5. REFERENCIAS

[1] Ahmad, Z. (2006). *Principles of Corrosic Engineering and Corrosion Control*. Elsevier.

[2] Almazán, C. Luis Enrique Corona (2017 Evaluación de la inhibición de corrosión en acer industriales con moléculas orgánicas de nopal. (Tesis licenciatura, CU UAEM Valle de México).

Corrosión en Aceros Industriales: Análisis, Fundamentos y Aplicaciones

Presentación **Poster**

H. Herrera Hernández[1*], I. Z. Ramírez León[1], C.O. González Morán[1], J. Morales Hernández[2]
[1]Laboratorio de Investigación en Electroquímica y Corrosión de Materiales Industriales, Universidad Autónoma del Estado de México, Blvd. Universitario s/n, Predio San Javier Atizapán de Zaragoza, Estado de México 54500, México.
[2]CIDETEQ, Parque Tec. Querétaro, S/N, Col. Sanfandila, Querétaro 76703, México.
E-mail: hherrerah@uaemex.mx, zuryleon13@gmail.com,

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión en aceros industriales representa un reto crítico en la ingeniería, ya que compromete la integridad, y la vida útil de los componentes de acero sometidos a condiciones agresivas, además de causar elevados costos de mantenimiento y reparación de estructuras y equipos industriales [1]. Este fenómeno electroquímico se manifiesta por la interacción del acero con su entorno, generando procesos de oxidación que deterioran progresivamente sus propiedades mecánicas y funcionales [2]. Sin embargo, según la composición química y propiedades microestructurales de cada tipo de acero, se exige un análisis electroquímico detallado para comprender sus mecanismos de corrosión. En este estudio se considera el estudio de ocho aceros con composiciones químicas variadas, para evaluar su comportamiento a la corrosión en medio ácido y NaCl empleados en sectores industriales.

2. METODOLOGÍA

Se analizaron varios aceros con composiciones químicas distintas, seleccionados por su relevancia en la industria. Aceros 1045, 4140, S7, 8620, D2, CR8, SS304, A615. Cada uno fue sometido a caracterización por FRX y microestructural para identificar elementos de aleación y fases predominantes. Los ensayos se efectuaron en soluciones de NaCl 0.5N, HCl 1M y H_2SO_4 1M representativas de ambientes industriales, tales como medios ácidos y salinos. Para determinar su comportamiento frente a la corrosión se aplicaron técnicas electroquímicas, entre ellas como EIS y curvas de polarización, complementadas con observaciones mediante microscopía óptica.

3. RESULTADOS

Figura 1, Diagrama de impedancia para los aceros 1045, 8620 y 4140. El acero 8620 presenta el mayor diámetro del semicírculo, lo que indica que ofrece la mayor resistencia a la corrosión. Comportamiento que se atribuye a la presencia de Ni, Cr y Mo, los cuales promueven la formación de capas pasivas estables.

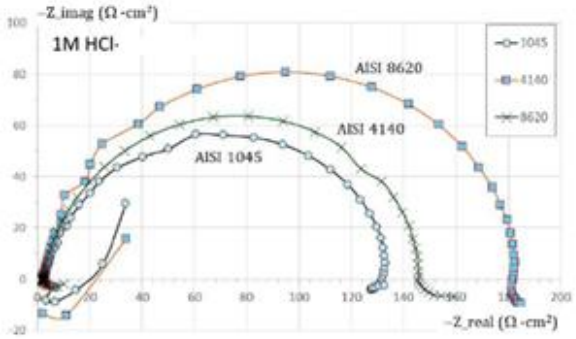


Figura 1. Resultados EIS de los aceros 1045, 4140 y 8620 expuestos en medio ácido de HCl 1M.

4. CONCLUSIONES

Los resultados confirman que la variación en la composición química y propiedades microestructurales de los aceros estudiados determina su resistencia y comportamiento frente a la corrosión. Esta diversidad permite seleccionar el material más adecuado según la aplicación industrial, optimizando desempeño, manufactura y confiabilidad en ambientes exigentes.

5. REFERENCIAS

[1] Ahmad, Z. (2006). *Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control*. Elsevier.

[2] Herrera, H.H., Reynoso, AM R., Trinidad-González, J.C. (2020). Electrochemical impedance spectroscopy (EIS): A review study of basic aspects of the corrosion mechanism applied to steels. IntechOpen. (pp. 137-144).

Efecto de un Inhibidor Verde en el Proceso de Corrosión de un Acero API X100 inmerso en Salmuera NACE a Condiciones de Flujo Turbulento

Presentación **Poster**

V.H. Narváez Barajas[1*], D. Aquiles Avilés[2], G. K. Pedraza-Basulto[3], S. E. Díaz-Méndez[3], A. Carmona-Hernandez[1], R. Orozco-Cruz[1], M. Salas-Reyes[4], A. Espinosa-Vázquez[1], R. Galván-Martínez[1]

[1]Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Ver. México.

[2]Centro MICRONA, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

[3]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, México.

[4]Instituto de Química Aplicada, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México

* E-mail: victorhugonarvaezbarajas@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

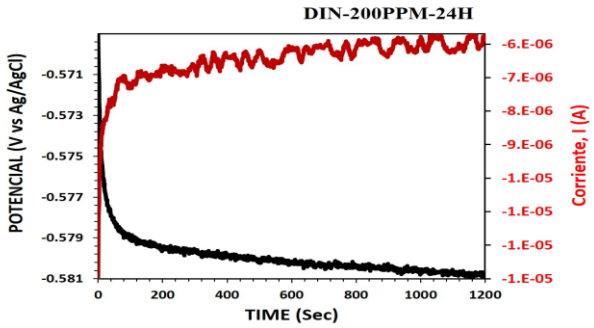
La corrosión interna en ductos de transporte de hidrocarburos constituye uno de los principales mecanismos de degradación en ductos de hidrocarburos fabricados con acero API X100. Aunque este material posee excelentes propiedades mecánicas, presenta susceptibilidad a la corrosión en medios agresivos y bajo condiciones de flujo turbulento, las cuales favorecen la transferencia de masa y la remoción de películas protectoras [1,2]. Como alternativa sostenible para su control, los inhibidores verdes derivados de extractos vegetales han despertado interés por su capacidad de adsorberse sobre la superficie metálica y disminuir la velocidad de corrosión. En particular, los extractos de *Mangifera indica* han mostrado altas eficiencias de inhibición debido a sus compuestos fenólicos, capaces de formar películas protectoras sobre el metal [3].

2. METODOLOGÍA

Se preparó un extracto orgánico a partir de hojas de *Mangifera indica*, el cual fue caracterizado mediante análisis de compuestos fenólicos totales y cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). El comportamiento corrosivo del acero API X100 se evaluó en salmuera NACE mediante la técnica de Ruido Electroquímico (RE). Las pruebas se realizaron bajo condiciones estáticas y dinámicas [1].

3. RESULTADOS

El extracto de *Mangifera indica* presenta un alto contenido de compuestos fenólicos y presencia de mangiferina, compuesto con altas propiedades antioxidantes. Los resultados electroquímicos muestran una disminución de la corrosión al aumentar la concentración del extracto, así como una mayor estabilidad electroquímica y menor fluctuación de transientes, incluso bajo flujo turbulento. Este comportamiento se atribuye a la adsorción de compuestos orgánicos sobre la superficie del acero, formando una película protectora que limita la transferencia de carga [3].



4. CONCLUSIONES

El extracto de hojas de *Mangifera indica* muestra alto potencial como inhibidor verde para la protección del acero API X100 en salmuera NACE. Sus compuestos fenólicos favorecen la formación de una película protect|ora que reduce la actividad corrosiva, incluso bajo condiciones de flujo turbulento.

5. REFERENCIAS

[1] R. Galván-Martínez et al., 8,10, surfaces, México, (2025).

[1] J. Villavicencio et al., Journal of Materials Research, 9, 4 (2020).

[3] B. Ramezanzadeh et al., 463, Elsevier, Irán, (2019).

Inhibición de la corrosión del acero al carbono mediante omeprazol caducado: aportes del ruido electroquímico y la teoría del funcional de la densidad (DFT)

Presentación Póster

O. A. González Noriega[1*], A. Flores Nicolás[2], J. Uruchurtu Chavarín[3], L. M. Alcantar Martínez[4], M. Y. Díaz Cárdenas[5], C. A. García Peréz[6], Susana López Ayala[7].

[1,3,6,7]Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca Mor 62209, Mexico.

[2]Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada 22860, México.

[4]Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Zacatenco, Ciudad de Mexico, 07738, México

[5]Tecnológico de Estudios Superiores Coacalco, Tecnológico Nacional de México, Avenida 16 de Septiembre No.54, Cabecera Municipal, Coacalco de Berriozabal 55700, México.

E-mail: ingomarglezn@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El acero al carbono es uno de los materiales más utilizados en la industria, como la automotriz, construcción, petrolera, nuclear entre otras, debido a su alta resistencia, bajo costo, ductilidad, etc. Sin embargo, es susceptible a corroerse en medios ácidos, cloruros y sulfuros en el caso de corrosión atmosférica. Por ello existen diferentes métodos para controlar la corrosión como lo pueden ser recubrimientos, inhibidores, protección catódica, etc. DFT es una herramienta poderosa para predecir el comportamiento de un inhibidor de la corrosión, calculando los parámetros como ΔE, energía HOMO and LUMO, momento dipolo (μ), entre otros. Esto junto con ruido electroquímico, podemos determinar la velocidad de corrosión, tipo de corrosión y mecanismo de corrosión consiguiendo una dupla muy potente para llevar a cabo el estudio de un inhibidor de la corrosión.

2. METODOLOGÍA

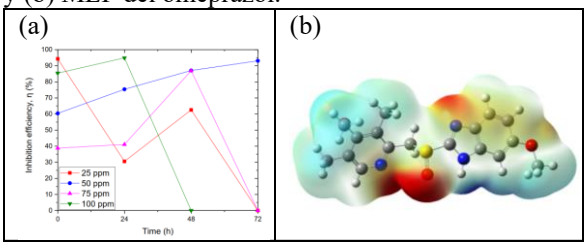
Para la preparación del inhibidor se utilizó omeprazol caduco el cual se disolvió en una relación de 0.01g en 8ml de metanol, evaluando las concentraciones de 25, 50, 75 y 100 ppm en la solución 0.1 M Na_2SO_4 + 3%wt NaCl.

Para los cálculos DFT se utilizo Gaussian 09, se optimizo la molécula y los cálculos se uso el funcional B3LYP 6-31G (d, p).

3. RESULTADOS

Impedancia en ruido indico que 75 ppm muestra una mayor reducción en los transitorios de alta frecuencia. Rn indican que 50 ppm proveen un alto y estable valor a través del tiempo y LI indican la reducción de la actividad corrosiva con la presencia de corrosión localizada.

Figura 1. Diagrama de eficiencia contra el tiempo (a) y (b) MEP del omeprazol.



4. CONCLUSIONES

Mediante DFT los resultados muestran que el inhibidor tiene buena habilidad para donar electrones, moderada reactividad, favorable distribución de carga, etc.

Los resultados de ruido electroquímico indican que mediante impedancia en ruido las concentraciones que proporcionan mejores resultados son 50 y 75 ppm, esto se corrobora mediante Rn, LI y SEM.

5. REFERENCIAS

Jáquez Muñoz, J.M.; Gaona Tiburcio, C.; Cabral Miramontes, J.; Nieves Mendoza, D.; Maldonado Bandala, E.; Olguín Coca, J.; López Léon, L.D.; Flores De los Ríos, J.P.; Almeraya Calderón, F. Electrochemical noise analysis of the corrosion of titanium alloys in NaCl and H2SO4 solutions. *Metals* **2021**, *11*, 105.

Diseño y puesta en marcha de un prototipo de control en un SPCCI aplicado a un acero ASTM A36

Presentación **Poster**

A.U. Ortega Lara[1], R.M. Woo García[2], O. Viveros Cancino[3], M.A. Hernández Perez[3], J.L. Ramírez Reyes[3], G. Galicia Aguilar[3]

[1] Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Campus Veracruz, Bv. Adolfo Ruíz Cortines 475, Col. Costa Verde, Boca del Rio, Veracruz, México C.P. 94294.

[2] Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Campus Veracruz, Bv. Adolfo Ruíz Cortines 455, Col. Costa Verde, Boca del Rio, Veracruz, México C.P. 94294.

[3] Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Campus Mocambo. Av. SS. Juan Pablo II, S/N Col. Costa Verde, Boca del Rio, Veracruz, México C.P. 94294.

E-mail: axel01lara@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN.

La norma NOM-020-ASEA-2024 relativa a protección catódica, no sólo es una buena práctica, sino que es un requisito cuando se transporta gas u otro material de riesgo a través de alguna tubería [1]. Los sistemas de protección catódica por corriente impresa, SPCCI, consisten de un rectificador conectado a la red eléctrica que es el responsable de mantener la tubería sin deterioro por corrosión. Si por alguna razón falla el funcionamiento del rectificador la tubería es vulnerable a corrosión. En este trabajo se desarrolló un prototipo capaz de medir y autorregular la demanda de corriente de forma continua, manteniendo la condición de protección según la norma AMPP SP21424.

2. METODOLOGÍA

Para lograr el prototipo, en una primera etapa se caracterizó la interfaz acero A-36 en agua de mar sintética mediante técnicas electroquímicas en función del tiempo de exposición. Se determinó la velocidad de corrosión mediante la resistencia a la polarización lineal. En una segunda etapa mediante una fuente de poder comercial se aplicó el sistema de protección catódica donde se cuantificó la demanda de corriente. Con la información obtenida, se diseñó el prototipo a partir de un microcontrolador y una programación adaptada a las necesidades de la interfaz.

3. RESULTADOS

La tabla 1 resume los principales resultados obtenidos del acero A-36 expuesto en medio electrolítico durante 30 días de exposición.

CONDICIÓN		E (V) vs Ag/AgCl	I (µA)
Sin protección		-0.6851	220.53
SPCCI	t = 0	-0.731	-216
	t >> 0	-0.731	-143

Las mediciones de RPL permitieron determinar la corriente de corrosión obtenida durante los primeros 15 días de exposición. Con esta información se diseñó el microcontrolador. El SPCCI mantuvo la condición de inmunidad del acero durante 30 días de exposición, sin embargo, la demanda de corriente mostró una disminución como se observa en la figura 1. De acuerdo con la teoría electroquímica, esta disminución puede ser explicada por el consumo de oxígeno en la solución electrolítica

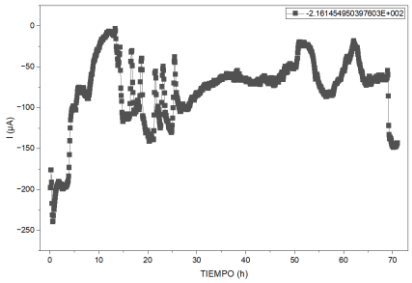


Figura 1. Demanda de corriente vs tiempo para la interfaz acero A36-electrolito en el SPCCI.

4. CONCLUSIONES

El dispositivo de desarrollo basado en microcontrolador permitió monitorear de manera continua la densidad de corriente en un SPCCI proporcionando información en tiempo real y representan una alternativa de bajo costo para el estudio de la corrosión.

5. REFERENCIAS

[1] Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA), *Norma Oficial Mexicana NOM-020-ASEA-2024, Transporte de gas natural por medio de ductos terrestres*, Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México (2025).

Formación y evaluación electroquímica de películas precipitadas sobre acero galvanizado en medios carbonatados y clorurados

Presentación **Poster**

N. Romero Cervantes[1], O. Viveros Cancino[1], G. Lugo Islas[2], E. Gallardo Castán[2], J.L. Ramírez Reyes[1], J. C. Cobo-Losey[3], M. Ambros Peralta[3], G. Galicia Aguilar[1]

[1] Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Calz Juan Pablo II S/N, esquina Blvd. Adolfo Ruiz Cortines. Boca del Río, Veracruz, México.

[2] Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Prolongación Av. Venustiano Carranza s/n. Poza Rica, Veracruz, México.

[3] Metalyzinc, Av. Framboyanes, Ciudad Industrial. C.P. 91697 Veracruz Ver., México.

E-mail: nashellaromero@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La resistencia a la corrosión del acero galvanizado depende de la evolución de compuestos superficiales que modifican la fracción de superficie electroquímicamente activa y, por tanto, parámetros como la resistencia a la polarización y la capacitancia de doble capa [1,2]. En medios carbonatados se favorece la precipitación de compuestos ricos en carbonatos de zinc; sin embargo, los cloruros pueden modificar su estabilidad y evolución superficial [2,3]. El objetivo de este trabajo es inducir la formación de compuestos de carbonato de zinc sobre la superficie del GIC mediante exposición a medios carbonatados y evaluar su estabilidad electroquímica frente a cloruros.

2. METODOLOGÍA

Se utilizaron muestras de acero galvanizado por inmersión en caliente (GIC) como electrodo de trabajo en una celda convencional de tres electrodos, empleando un electrodo de referencia de calomel saturado (SCE) y un contraelectrodo de grafito. Como sistema de referencia se utilizó una solución de NaCl al 3 %, mientras que los medios carbonatados se prepararon a partir de $NaHCO_3$ y NaOH. La evolución de los compuestos superficiales y su efecto sobre la respuesta electroquímica de la interfase se evaluaron mediante potencial en función del tiempo (E vs. t), resistencia a la polarización lineal (RPL) y espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS), durante periodos de exposición de hasta 120 h.

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se comparan los parámetros electroquímicos obtenidos por EIS. En NaCl al 3 %, Rp permaneció en el orden de 10^3 Ω entre 0 y 120 h, mientras que en $NaHCO_3$/NaOH aumentó de 2.5 a 51 kΩ. Este incremento evidencia una interfase más resistiva, atribuible a la formación de productos superficiales en el medio carbonatado.

Medio	Tiempo (h)	Rs (Ω)	Rct/(Ω)	Rp (Ω)	C (μF)
NaCl 3 %	0	19	260	981	12.8
NaCl 3 %	120	22	200	1520	38.4
$NaHCO_3$/NaOH	0	31	1380	2507	39.2
$NaHCO_3$/NaOH	120	30	------	51074	174.2

4. CONCLUSIONES

El medio carbonatado $NaHCO_3$/NaOH promovió una interfase de mayor resistencia electroquímica que la observada en NaCl al 3 %, alcanzando Rp = 51074 Ω después de 120 h. La estabilidad de las películas formadas frente a cloruros constituye un aspecto clave para su posible aplicación como estrategia de protección en ambientes agresivos.

5. REFERENCIAS

[1] T. Falk, J.E. Svensson, L.G. Johansson, *Journal* *the Electrochemical Society*, **145**(9), 2993–3000 (1998

[2] F. Zhu, D. Persson, D. Thierry, C. Taxén, *Corrosio* **56**(12), 1256–1265 (2000).

[3] M. Fuentes, D. de la Fuente, B. Chico, I. Llorent J.A. Jiménez, M. Morcillo, *Materials and Corrosio* **70**(6), 1005–1015 (2019).

Monitoreo in situ de la degradación superficial de un acero al carbono mediante técnicas ópticas y electroquímicas en ambientes salinos.

Presentación **Poster**

A. Moreno Rosales[1*], *G. Galicia Aguilar*[3], *J.L. Ramírez Reyes*[3], *O. Viveros Cancino*[3], *G. Lugo Islas*[2], *E. Gallardo Castán*[2].

[1] *Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Campus Veracruz, Bv. Adolfo Ruíz Cortines 475, Col. Costa Verde, Boca del Rio, C.P. 94294. Veracruz, México.*

[2] *Facultad de Ciencias Químicas, Poza Rica, Tuxpan, C.P. 93390, Veracruz, México.*

[3] *Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Campus Mocambo. Av. SS. Juan Pablo II, S/N Col. Costa Verde, Boca del Rio, Veracruz, México C.P. 94294.*

[*] *E-mail:* zS21020377@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las imágenes digitales proveen información complementaria sobre fenómenos progresivos como la corrosión, la cual degrada las propiedades de los metales. Dado que en estructuras ocultas este deterioro suele estimarse únicamente mediante lecturas de voltaje, el presente trabajo correlaciona voltaje, corriente, pH e imágenes en un acero al carbono A36, con el fin de validar el desgaste del material mediante inspección visual y estimaciones gravimétricas.

2. METODOLOGÍA

Inicialmente, se expusieron probetas de acero A36 en agua de mar (Puerto de Veracruz) durante una semana, midiendo *in situ* el potencial, pH y velocidad de corrosión. Simultáneamente, se capturaron imágenes del deterioro, las cuales fueron procesadas con ImageJ (ajuste de histograma y detección de bordes). En una segunda etapa, el ensayo se repitió aplicando protección catódica mediante una fuente DC y un ánodo de grafito, monitoreando el potencial con un electrodo de referencia de Ag/AgCl sat.

3. RESULTADOS

Se identificó una correlación directa entre el descenso del potencial de circuito abierto y el aumento de la rugosidad superficial. Como se detalla en la **Tabla 1**, se registran los parámetros del acero A36 inmerso en agua de mar natural, mientras que la **Tabla 2** muestra la comparación directa de las mediciones en los estados sin corrosión y con corrosión para validar el desgaste. La velocidad de corrosión mediante pérdida de peso se calculó utilizando la fórmula:

$$V_{corr} = \frac{K \times W}{A \times t \times \rho}$$

Tabla 1 Acero A36 inmerso en agua de mar natural

Variable	Experimento 6	Experimento 7	Experimento 13	Experimento 14
Tiempo de inmersion (horas)	168 h	168 h	168 h	168 h
pH i - pH f	(7.76, 7.81)	(7.48, 7.76)	(8.09, 8.01)	(7.54, 8.12)
Vcorr (mm/año)	1.563291469	1.880603676	1.528387127	1.524685151
Observaciones	Sin proteccion catodica	Sin proteccion catodica	Con protección catódica	Con protección catódica

Tabla 2 Comparación sin corrosión y con corrosion

Dato	Experimento 6	Experimento 7	Experimento 13	Experimento 14
Imagen Inicial				
Imagen Final				
Procesamiento en ImageJ				

4. CONCLUSIONES

Se corroboró el monitoreo óptico como herramienta no destructiva eficaz. La metodología propuesta permite predecir el avance de la degradación en ambientes salinos con precisión, proporcionado una base sólida para futuros sistemas de inspección visual automatizada en infraestructura industrial.

5. REFERENCIAS

[1] ASTM Internacional, Standard Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens

[2] J. R. Galvele, Corrosión de Metales, p. 45, Editorial Universitaria de Buenos Aires, Argentina, (2005)

[3] A. M. Smith, Journal of Corrosion Scince, vol. 112, p. 124, (2023)

Mecanismo de formación de la magnetita inducido en un SPCCI

Presentación **Poster**

F.C. Ortiz-Gutiérrez[1], G. Lugo Islas[2], J.L. Ramírez Reyes[1], E. Gallardo Castán[2], J. J. Cantó[3], G. Galicia Aguilar, O. Viveros Cancino[1*]

[1] Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Campus Veracruz, Bv. Adolfo Ruíz Cortines 475, Col. Costa Verde, Boca del Rio, C.P. 94294. Veracruz, México.

[2] Facultad de Ciencias Químicas, Poza Rica, Tuxpan, C.P. 93390, Veracruz, México.

[3] Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Campus Mocambo. Av. SS. Juan Pablo II, S/N Col. Costa Verde, Boca del Rio, Veracruz, México C.P. 94294.

E-mail: zS22002897@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN.

La corrosión de los aceros al carbono en ambientes marinos representa uno de los principales problemas para la integridad y vida útil de infraestructuras industriales. [1]. Durante este proceso se forman diversos productos de corrosión, entre los que destaca la magnetita (Fe_3O_4), un óxido de hierro de valencia mixta (Fe^{2+}, Fe^{3+}) cuya formación y comportamiento electroquímico aún son objeto de estudio [2]. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo estudiar el mecanismo de formación de la magnetita en un acero A-36 inmerso en agua de mar en un SPCCI.

2. METODOLOGÍA

Se emplearon muestras de acero ASTM A-36 expuestas a agua de mar del Puerto de Veracruz. Las mediciones electroquímicas se realizaron mediante un potenciostato SP-150 (Biologic Science Instruments) utilizando una celda convencional de tres electrodos. Una vez lograda la condición estacionaria se obtuvo la Vcorr durante 20 días de exposición. Posteriormente, se polarizó catódicamente (-850 mV vs $Cu/CuSO_4$) la interface durante 30 días mediciones periódicas de RPL, curvas de polarización tipo Tafel, EIE, IR y cronoamperometría. Con el fin de evaluar la evolución de la interfaz y la formación de productos de corrosión sobre la superficie metálica.

3. RESULTADOS

La tabla 1 resume los resultados obtenidos en las tres etapas del proceso. Primeramente, se encontró que la Vcorr disminuye con el tiempo debido a la formación de óxidos. Posteriormente, en el SPCCI se cuantificó la demanda de corriente en la superficie con óxidos pudiéndose observar que este valor es menor que en ausencia de óxidos.

Tabla 1. Datos de i_{corr} y demanda de corriente para cada fase del sistema.

Fase 1: Corrosión Libre		
RPL	$i_{corr_{prom}}\left[\frac{\mu A}{cm^2}\right]$	$V_{corr_{prom}}\left[\frac{mm}{y}\right]$
Condición Estacionaria	101.32	1.1784
t>>0	87.85	
Fase 2: SPCCI superficie oxidada		
$i_{demanda}[\mu A]$	115	
IR (Ω)	37	
Fase 3: SPCCI superficie sin óxidos		
$i_{demanda}[\mu A]$	22.75	

4. CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que la formación de productos de corrosión modificó la respuesta electroquímica del acero ASTM A-36 bajo protección catódica. La superficie previamente oxidada presentó una mayor demanda de corriente y una caída óhmica asociada a la presencia de la película superficial. Estos resultados constituyen una base para estudiar la posible participación de la magnetita en el comportamiento electroquímico del sistema mediante técnicas de caracterización complementarias.

5. REFERENCIAS

[1] R. W. Revie, H. H. Uhlig, *Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering*, 4th ed., John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, (2011).

[2] M. Stratmann, J. Müller, *Corrosion Science*, **36**, 327, (1994).

Estudio del potencial anticorrosivo de extractos de *Citrus sinensis* mediante espectroscopia de impedancia electroquímica

Presentación **Poster**

J.C. Vicencio-Reyes[1], W. Sanchez-Ortiz[1], M.E. Palomar- Pardave[2], M.A. Romero-Romo[2], J.I. Aldana- González[2], M.B. Vazquez-Ramo[1], E.J. Ceja-Gordillo[1], M.Z. Pérez-González[1]

[1]Tecnológico Nacional de México, TES de Ecatepec, División de Ingeniería Química y Bioquímica, Av. Tecnológico S/N, Valle de Anáhuac, C.P 55210 Ecatepec, Edo. Méx., México.

[2]Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de materiales, Av. San Pablo 420, Col. Nueva el Rosario, Alcaldía. Azcapotzalco, C.P 02128, Ciudad de México.

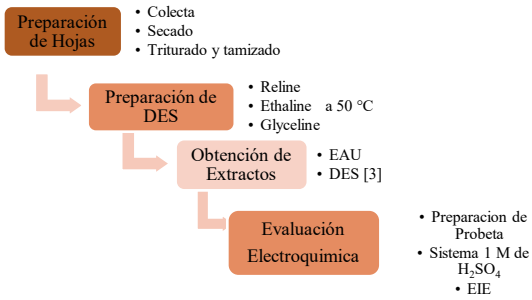
E-mail: williamso@tese.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión es el deterioro de un metal debido a reacciones químicas o electroquímicas [1]. Por lo que, puede provocar fallas estructúrales, pérdidas económicas y riegos a la seguridad humana. Sin embargo, existen inhibidores verdes de la corrosión (IVC) a partir de extractos de plantas (EP). Los EP son eficientes debido a sus heteroátomos (N, O y S) y enlaces phi que favorecen la adsorción sobre la superficie metálica, formando una barrera protectora que reduce la velocidad de corrosión [2]. Por ello, se realizó un IVC a partir de hojas de *Citrus (C) sinensi* con disolventes eutécticos profundos (DES).

2. METODOLOGÍA

En parte experimental de este trabajo se llevó a cabo en la preparación de extractos de hojas *C. sinensi* con DES mediante la Extracción Asistida por Ultrasonido (EAU). Posteriormente, los extractos fueron evaluados como IVC mediante la técnica de Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIE).



3. RESULTADOS

En Figura 1 se muestra la respuesta electroquímica del sistema del acero AISI-1045 en medio de H_2SO_4 1M + extracto Reline. El diagrama de Nyquist muestra un aumento en el diámetro del semicírculo a medida que aumenta la concentración del extracto, indicando visualmente el incremento de la impedancia [3]. Para determinar los parámetros electroquímicos de la impedancia se utilizaron los circuitos eléctricos equivalentes (CEE).

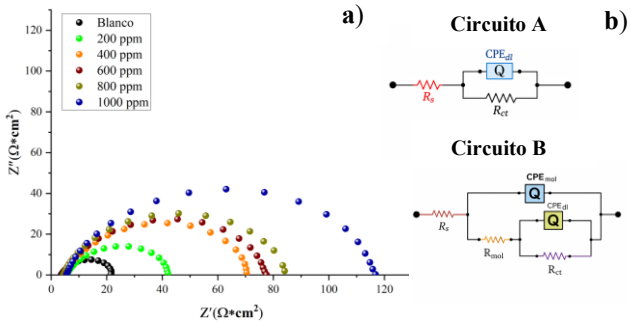


Figura 1: Diagramas de Nyquist para un acero AISI-1045 en medio de H_2SO_4(1M) con/sin la adición de inhibidor de hojas *C. sinensis* con DES Reline (**a**). Los CEE utilizados para espectros de impedancia para Circuito A presenta el blanco y el Circuito B con la adición del inhibidor (**b**).

4. CONCLUSIONES

Los extractos de hojas de *C. sinensis* con DES presenta una alternativa como IVC del acero AISI-1045 en medio ácido, obteniendo eficiencias de inhibición superiores al 80% a partir de una concentración de 1000 ppm. Estos inhibidores se destacan por su bajo costo, fácil de preparación y es amigable con el medio ambiente, lo que lo convierte en una opción viable y sostenible para aplicaciones anticorrosivas.

5. REFERENCIAS

[1] H. Thacker & V. Ram, *Results in Surfaces and Interfaces*, *18*, 100364, (2025).

[2] H. Parangusan, M. H. Sliem, A. M. Abdullah, M. Elhaddad, N. Al-Thani & J. Bhadra, International *Journal of Electrochemical Science*, 100919, (2024).

[3] E. L. Smith, A. P. Abbott & K. S. Ryder, *Chemical reviews*, *114*(21), 11060-11082, (2014).

Evaluación y optimización de recubrimientos de zincato sobre aluminio

Presentación **Póster**

V.U. Gutierrez Ramirez[1], F.S. Samayoa Martínez[3], S.Castro Pérez[3], N. Casillas Santana[2], O. A. González-Meza[2]

[1] Depto. Ingeniería Química CUCEI Universidad de Guadalajara.

[2] Depto. Química CUCEI Universidad de Guadalajara.

[3] Depto. Ingeniería Electro-Fotónica CUCEI Universidad de Guadalajara.

E-mail: Omar.Gonzalez3420@academicos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

La exposición a entornos corrosivos altera la composición e integridad de los cuerpos metálicos. Volta Plating Solutions (Guadalajara, México) ofrece servicios de preparación y pasivado, recubrimientos de alta especialidad y consultoría en diseño de materiales. Actualmente enfrenta fallas en la deposición de zinc sobre piezas de aluminio (Figura 1), etapa crítica para lograr un depósito de calidad en el niquelado posterior (Figura 2).

Figura 1: Pieza zincada.

Figura 2: Pieza niquelada.

Este trabajo propone una reformulación de zincado ácido basada en el *Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales* [1], evaluada mediante un Diseño de Experimentos factorial $2^5 \times 4^1$ (fraccionado ½) con 2 réplicas para mejorar la calidad del recubrimiento de zinc en Aluminio.

2. METODOLOGÍA

La calificación del aspecto del recubrimiento se realizó mediante el método de Casillas Santana y Gudiño Guzmán [2]. La adherencia se evaluó con el método de prueba estándar de adhesión por cinta (ASTM-D3359) [3]. El DDE se ejecutó utilizando una Celda Hull, lo que permitió obtener múltiples experimentaciones y optimizar el proceso de recolección de datos.

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran las variables que se estudiarán en el DDE con sus respectivos niveles. Los factores estudiados que se componen de niveles remarcan la importancia que tiene en el resultado final del recubrimiento.

Tabla 1. Diseño de experimento con los factores contemplados.

Factor	Nivel bajo (-)		Nivel alto (+)	
Tiempo de matizado	2 min.		3 min.	
pH	2		4	
Temperatura de la solución de zinc	25 °C		40 °C	
Tiempo de zincado	2 min.		5 min.	
Tipo de corriente	0 (Continua)		1 (Pulsada)	
Factor	D	C	B	A
Densidad de corriente	0.315 A/dm^2	1.460 A/dm^2.	3.210 A/dm^2	6.960 A/dm^2

Los factores mostrados en la Tabla 1 permiten el estudio de la calidad de recubrimiento. Los resultados más destacados muestran que las densidades intermedias tienen mejores promedios de adherencia, la corriente pulsante refleja una mejora generalizada frente a la operación continua y trabajar a 40 °C muestra mejores resultados en el aspecto y adherencia del recubrimiento. Un análisis más extenso se mostrará en el trabajo en extenso.

4. CONCLUSIONES

El modelo de regresión obtenido a partir de los datos experimentales permite optimizar la calidad del recubrimiento en función de los factores estudiados, así como identificar cuáles de ellos tienen mayor efecto sobre dicha calidad.

5. REFERENCIAS

[1] E. A. Ollard y E. B. Smith. Manual de recubrimientos electrolíticos industriales. Compañia Editorial Continental S. A., México, D.F. (1963).

[2] N. Casillas Santana y B. Gudiño Guzman, *Electroquímica 2 para ingenieros químicos*, p.127, Universidad de Guadalajara, (2024).

[3] S. Tape et al., *Standard test methods for measuri adhesion by tape test*, p. 1, ASTM International, We Conshohocken, Pennsylvania, Estados Unidos, (2012)

Diseño de un Sistema autorregulable de Protección Catódica por Corriente Impresa enfocado a embarcaciones

Presentación **Poster**

K. J. Juárez Trejo[1], O. Viveros Cancino[1], G. Galicia Aguilar[1], G. Lugo Islas[2], E. Gallardo Castán[2], J. J. Cantó, M. A. Hernández Pérez[1], J. L. Ramírez Reyes[1*].

[1]Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Maestría en Ingeniería de Corrosión, Boca del Río, Veracruz, México, C.P. 94294.

[2] Facultad de Ciencias Químicas, Poza Rica, Tuxpan, C.P. 93390 Veracruz, México

[3] Corrosión y Protección S.A. de C. V. Morelos, México.

E-mail: zS24025133@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión en embarcaciones metálicas es un problema crítico en la industria naval, ya que afecta la integridad estructural y la vida útil de los materiales. Para reducir este fenómeno se emplea la Protección Catódica por Corriente Impresa (PCCI), que utiliza una fuente externa de energía para mantener el potencial de protección. No obstante, la corriente requerida varía con el tiempo debido a factores como el área expuesta, el estado superficial y la formación de depósitos calcáreos (1-θ), los cuales disminuyen la demanda de corriente. Por ello, esta investigación propone el diseño de un dispositivo de regulación automática para optimizar el funcionamiento de sistemas de PCCI en embarcaciones.

2. METODOLOGÍA

Se diseñó e implementó un sistema experimental de Protección Catódica por Corriente Impresa utilizando acero ASTM A36 como material de estudio y soluciones de NaCl al 3.5% en masa, agua de mar natural y agua de mar sintética como medios de exposición. El sistema estuvo integrado por una fuente de poder, un ánodo auxiliar, un electrodo de referencia Ag/AgCl y un dispositivo de regulación automática.

El dispositivo fue diseñado para recibir la señal del electrodo de referencia y ajustar la corriente suministrada, con el propósito de mantener el potencial de protección dentro del intervalo establecido. El sistema fue evaluado en laboratorio mediante el análisis de la demanda de corriente en función del tiempo de exposición y su relación con la formación de depósitos calcáreos.

3. RESULTADOS

Se desarrolló un sistema de PCCI capaz de ajustar automáticamente la corriente suministrada para mantener el potencial de protección del acero ASTM A36. Durante la exposición, la formación de depósitos calcáreos redujo el área electroquímicamente activa y la demanda de corriente, disminuyendo la necesidad de ajustes manuales. La Figura 1 muestra el montaje experimental utilizado para evaluar la retroalimentación entre el electrodo de referencia, el dispositivo de control y la fuente de poder.

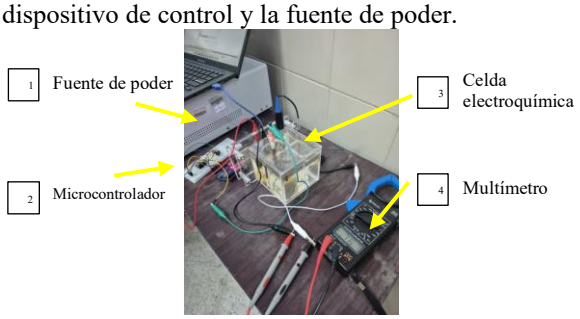


Figura 1. Montaje experimental del sistema autorregulable de PCCI.

4. CONCLUSIONES

El aporte del trabajo es la integración de un esquema de retroalimentación que adapta la corriente impresa a los cambios del sistema electroquímico, en lugar de mantener un suministro fijo. Esta regulación puede reducir la intervención manual y favorecer una protección más estable ante la formación de depósitos calcáreos. Los resultados respaldan la viabilidad del principio de funcionamiento a escala de laboratorio.

5. REFERENCIAS

[1] D. A. Jones, *Principles And Prevention Of Corrosion*, 2nd Ed., Cap. 3, Pp. 75–115, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, (1996).

[2] A. W. Peabody, *Control Of Pipeline Corrosion*, 2nd Ed., Cap. 8, Pp. 157–176, NACE International, Houston, (2001).

[3] DNV, *Recommended Practice DNV-RP-B401 Cathodic Protection Design*, Sec. 6.3, Pp. 15–16, Det Norske Veritas, Norway, (2010).

Evaluación del desempeño anticorrosivo del extracto de *Syzygium aromaticum* nano reforzado con NPs ZnO sobre acero API X100

Presentación **Poster**

A. L. Coto Navarro[1], J.A. Ramírez-Fernández[2], A. Carmona-Hernandez[2], R. Orozco-Cruz[2], R. Galván-Martínez[2*]

[1] Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Veracruz México.

[2] Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

E-mail: rigalvan@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

Un inhibidor es un producto químico o natural que se adiciona en pequeñas concentraciones a un sistema para disminuir la velocidad de corrosión ya que formando una película protectora o modificando las reacciones electroquímicas que causan el daño [1]. Algunos inhibidores se combinan con nanopartículas (NPs) y presentan un mejor comportamiento [2] como en el presente estudio que se usó extracto *Syzygium aromaticum* como inhibidor de corrosión nanoreforzado con NPs de ZnO en el proceso de corrosión del acero API X100inmerso en salmuera al 3.5%. En el estudio del proceso corrosivo se utilizaron las técnicas de Ruido Electroquímico (RE), curvas de polarización (CP) y espectroscopia de impedancia electroquímicas (EIE). En el caso del RE, se empleó como una herramienta no intrusiva para monitorear las fluctuaciones espontáneas de potencial y corriente en la interfase acero API X100 / salmuera. [3]

2. METODOLOGÍA

Para la obtención del extracto y sus componentes, se utilizó el método de maceración, el producto triturado se vertió en un matraz Erlenmeyer con etanol al 80%, sobre una parrilla con agitación constante durante 24 horas a una temperatura (T) de 60°C. Debido a la foto sensibilidad del compuesto, el recipiente se selló y cubrió con papel aluminio para evitar la degradación por la luz.

Se evaluó el extracto como inhibidor de corrosión utilizando las técnicas de RE, EIE y CP en un sistema constituido por un acero API X100 inmerso en salmuera NaCl al 3.5% y diferentes concentraciones de extracto. Además, se utilizaron NPs de ZnO para generar el inhibidor nanoreforzado.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se puede observar el IL, obtenido por RE, en esta figura se puede observar el carácter localizado que puede presentar el sistema en estudio.

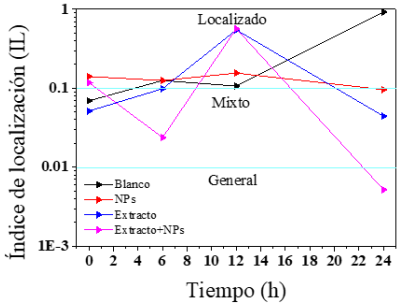


Figura 1. Figura del índice de localización (IL) del acero X100 inmerso en diferentes medios electrolíticos.

Es importante mencionar que el acero X100 inmerso en salmuera con NPs presentó un comportamiento localizado en la totalidad del tiempo de exposición

4. CONCLUSIONES

En los resultados de las técnicas de RE, EIE y CP se puede observar que el inhibidor híbrido (NPs más extracto de *S. aromaticum*) presentó el mejor comportamiento ante el fenómeno de corrosión del acero X100.

5. REFERENCIAS

Libros

[1] KM, S., Praveen, B. M., & Devendra, B. K. (2024). Results in Surfaces and Interfaces, 16, 100258.

[2] Răuță, D. I., Matei, E., & Avramescu, S. M. Effic. Environm. Impact. Tech., 13, 3 (2025), 103.

[3] M. H. Rahmani et al., *Journal of Industrial and Engineering Chemistry,* **130**, 368, (2024)

Comportamiento Electroquímico de Concretos Sustentables elaborados con CBCA y AR expuestos a Sulfato de Magnesio

Presentación **Póster**

M. Romero[1], A. Reyes[1], A. Landa-Sánchez[1], L. Landa-Ruiz[1], B.P. Baltazar-García[1], C. Méndez[1], G. Santiago[2], V. Moreno[2], C. Gaona-Tiburcio[3], F. Almeraya-Calderón[3], M.A. Baltazar-Zamora[1*]

[1]Facultad de Ingeniería Civil - Xalapa, Universidad Veracruzana, Circ. G. Aguirre Beltrán S/N, Lomas del Estadio, Xalapa, Veracruz, México, CP 91000
[2]Facultad de Ingeniería Civil -Unidad Torreón, UAdeC, Torreón, Coahuila, México
[3]UANL, FIME–CIIIA. Av. Universidad S/N. C.U., San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

E-mail: mbaltazar@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN.

Actualmente y desde hace mucho tiempo, el material de construcción más utilizado en el mundo es el concreto hidráulico, que en conjunto con el acero de refuerzo forman el sistema conocido como concreto reforzado[1]. La comunidad reconoce la corrosión del acero de refuerzo como la patología principal causante de mantenimientos prematuros por miles de millones de dólares, la corrosión es un proceso causado principalmente por iones despasivantes (cloruros y sulfatos) [2].

En el contexto de un desarrollo sustentable, la protección de los recursos naturales desempeña un papel importante; por lo tanto, el uso agregados reciclados (AR) en las obras civiles es una gran opción a nivel mundial [3].

En proyecto evalúa el comportamiento electroquímico de concreto sustentable (CS) elaborados con 80 % de Cemento Portland, 20 % de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) y Agregados Reciclados (AR) al 50 % y al 100 % y reforzados con acero AISI 1018, después de más de 300 días de exposición a sulfato de magnesio.

2. METODOLOGÍA

Se evaluó la corrosión mediante el Potencial de Corrosión acorde a la norma ASTM C- 876-15 [4] y de Resistencia a la Polarización Lineal (RPL), norma ASTM G59 [5], del acero AISI 1018.

3. RESULTADOS

Los resultados de E_{corr} después de 360 días de monitoreo indican un 10% de riesgo de corrosión para los especímenes de Concreto Convencional y el Concreto Sustentable con 50% de AR y de incertidumbre para el de 100% de AR, ver Fig. 1.

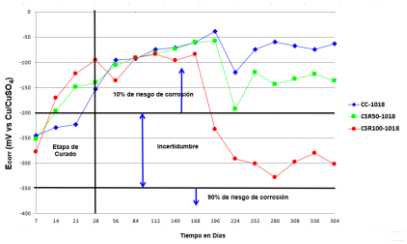


Fig. 1. E_{corr} Concretos Sustentables CBCA-AR.

4. CONCLUSIONES

Los valores de E_{corr} se incrementa cuando se tiene un 100% de AR presente en el concreto sustentable.

5. REFERENCIAS

[1] L. Landa-Ruiz et al. Physical, Mechanical and Durability Properties of Ecofriendly Ternary Concrete Made with Sugar Cane Bagasse Ash and Silica Fume. Crystals.11, p. 1, (2021).
[2] L. Landa-Ruiz et al. Electrochemical Corrosion of Galvanized Steel in Binary Sustainable Concrete Made with Sugar Cane Bagasse Ash (SCBA) and Silica Fume (SF) Exposed to Sulfates. Applied Sciences. 11, p. 1, (2021).
[3] A. Landa-Sánchez et al. Corrosion Behavior of Steel-Reinforced Green Concrete Containing Recycled Coarse Aggregate Additions in Sulfate Media. Materials (Basel). 13, p. 1, (2020).
[4] ASTM C-876-09: Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. ASTM, (2009).
[5] ASTM G 59-97(2014), Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements. ASTM, (2014).

Análisis del proceso de corrosión microbiológica generada por el hongo *E. rostratum* en una aleación aeronáutica mediante la técnica de RE

Presentación **Poster**

A.G. Canales-Delgado[1], A. Vásquez-Márquez[1,2*], M.J. Alvarado-López[3], G. K. Pedraza-Basulto[4], S. E. Díaz-Méndez[4]A. Carmona-Hernández[1], R. Orozco-Cruz[1], R. Galván-Martínez[1]
[1]Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
[2]Centro MICRONA, Universidad Veracruzana, Veracruz, México
[3]Facultad de Biotecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación de Puebla, Puebla.
[4]Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, México.
E-mail: alejvasquez@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La presencia de agua constituye uno de los factores más importantes para el desarrollo microbiano en sistemas de combustible [1]. Algunos de estos microorganismos generan metabolitos ácidos y biopelículas que favorecen el deterioro del combustible y aceleran los procesos corrosivos, así como la formación de picaduras y de otras formas de corrosión localizada [2,3]. Este fenómeno de corrosión microbiológica (CM) puede persistir incluso después de la eliminación parcial de la biomasa y puede provocar el aumentando del riesgo de fallas operativas en los sistemas aeronáuticos [4].

El ruido electroquímico (RE) es una técnica para el estudio de CM, ya que se ha consolidado como una herramienta valiosa para la evaluación y monitoreo de procesos de corrosión localizada, [5] y sobre todo es una técnica que no perturba el sistema con voltaje.

2. METODOLOGÍA

El análisis electroquímico se realizó mediante la técnica de RE, donde se midieron 1200 puntos con una velocidad de barrido de 1 Hz, previó a la medición del RE se realizó una medición del potencial de corrosión.

Se analizó en una celda electroquímica convencional con un arreglo de tres electrodos, donde se utilizaron dos muestras de una aleación aeronáutica (AA6061) como electrodo de trabajo y auxiliar y un electrodo de Ag/AgCl como electrodo de referencia. La aleación estuvo expuesta a medio de cultivo PDA (papa dextrosa y agar) y al medio inoculado con un hongo aislado de un sistema de combustible de un helicóptero, durante 21 días a 30°C.

3. RESULTADOS

En los resultados de RE se puede detectar que el proceso es localizado.

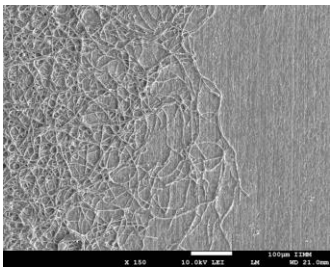


Fig. 1 *E. rostratum* sobre AA6061 visto en SEM con aumento de 150x después de 21 días de exposición.

4. CONCLUSIONES

El análisis mediante RE evidenció que la presencia de *E. rostratum* promovió cambios en la actividad electroquímica de la aleación aeronáutica, modificando las condiciones electroquímicas de la interfase metal-medio.

5. REFERENCIAS

[1] F.J. Passman, Int. Biodeterior. Biodegrad., 81, 88 (2013).
[2] D. Hu, J. Zeng, S. Wu, X. Li, C. Ye, W. Lin, X. Yu, Folia Microbiol., 65, 371 (2020).
[3] R. Araya, C.V. Bobadilla, B.M. Rosales, R. Vera, Inf. Tecnol., 19, 59 (2008).
[4] I. Shkilniuk, S. Boichenko, T. Kondratiuk, K. Lejda, p. 227, Springer Nature Switzerland (2022).
[5] S.S. Jamali, D.J. Mills, G.G. Wallace, Prog. Org. Coat., 77, 1203 (2014).

Estudio electroquímico de la corrosión inducida por corriente alterna sobre un ánodo de sacrificio inmerso en agua de mar sintética.

Presentación **Poster**

J. D. López-Lara[1], R. Galván-Martínez[1], G. Hermida-Saba[1], R. Orozco-Cruz[1], J. A. Ramirez-Cano[1], G. M. Ortigoza-Capetillo[1], A. Carmona-Hernández[1]

[1]Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

E-mail: zs25028409@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La protección catódica por ánodos de sacrificio (PCAS) es uno de los principales métodos de prevención y control de la corrosión en estructuras sumergidas en ambiente marino, tales como plataformas, cascos de barcos, y tuberías submarinas. La PCAS se basa en la aplicación de una corriente iónica a la estructura metálica a proteger (cátodo) conectándolo eléctricamente con un metal más activo (aluminio, zinc), el cual se corroerá gradualmente fungiendo como ánodo [1].

En los últimos años, la construcción a gran escala de cables submarinos de potencia puede inducir interferencias de corriente alterna (CA) en los sistemas de PCAS de las tuberías submarinas paralelas a estos cables causando acoplamiento inductivo o resistivo. A pesar de su importancia, el efecto de la CA inducida específicamente sobre los ánodos de sacrificio ha sido poco reportado en la literatura, lo que dificulta el diseño de sistemas PCAS que consideren este riesgo [2, 3]. En el presente trabajo se estudió la corrosión de un ánodo de Zn sometido a diferentes densidades de corriente de CA en agua de mar sintética.

2. METODOLOGÍA

Se utilizó una celda electroquímica de tres electrodos, donde los electrodos de trabajo fue Zinc (ánodo de sacrificio), un electrodo de referencia y un electrodo auxiliar. La solución de prueba fue una solución sintética de agua de mar (ASTM D1141). Para la aplicación de las interferencias CA, se utilizó un circuito con un capacitor, un reóstato, un generador de funciones y un multímetro. La densidad de corriente de CA aplicada fue de 0 – 200 A/cm^2 durante 24h. Posteriormente se realizaron las mediciones electroquímicas de Espectroscopia de Impedancia (EIE) y curvas de polarización (CP).

3. RESULTADOS

En la Figura 1, se muestran los resultados de EIE del Zn después de 24 h de exposición. El bucle inductivo es la evidencia de la adsorción y desorción de especies en la superficie del zinc. Esto nos indica que la capa pasiva del zinc se ha roto, y comenzó a operar activamente y a liberar corriente de protección, lo que se busca en un ánodo de sacrificio.

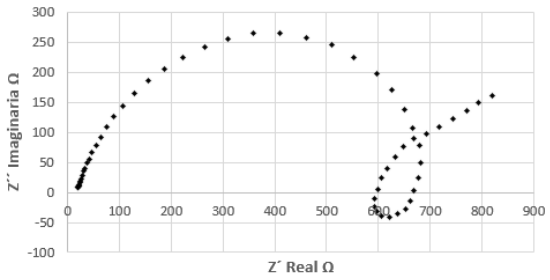


Figura 1. Diagrama de Nyquist del ánodo de zinc en solución de agua de mar sintética a 24h de exposición.

4. CONCLUSIONES

Los resultados de las técnicas electroquímicas revelaron que el aumento de la i_{CA} produjo una mayor corrosión en la superficie del Zn, siendo un ataque localizado severo conforme se aumentó el nivel de interferencia de CA.

5. REFERENCIAS

[1] R. Vaira Vignesh & P. Sathiya. *Corrosion Reviews*, **42 3**03 (2024).

[2] Y. Liang, Y. Du, Z. Zhu, L. Chen, Y. Liu, L. Zhan L. Qiao, *Electrochimica Acta*, **446**, 142002, (2023)

[3] B. Taormina, J. Bald, A. Want, G. Thouzeau, M Lejart, N. Desroy, A. Carlier, *Renewable ar Sustainable Energy Reviews*, **96**, 380, (2018).

Corrosión en Aceros API5L X70 Expuestos a Ambientes con H_2S

Presentación **Poster**

É. M. Almeida[1,2], S. Huerta-Zavala[1], F.H. Estupiñán[1], P.C. Zambrano[1], F. Almeraya-Calderón[1], R. Batista Ribeiro[2], C. Gaona-Tiburcio[1*]

[1] Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica.

[2] Universidad Estatal Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

E-mail: citlalli.gaona@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN.

La demanda de petróleo y gas ha crecido, y se proyecta que será más del 50% de la matriz energética mundial hasta 2040. Esto subraya la importancia de la integridad de los ductos en yacimientos donde la corrosión por azufre es un desafío operativo. El objetivo de este trabajo es analizar los factores que influyen en los mecanismos de corrosión de los aceros API5L X70 (MS - servicio amargo y MO - aplicación offshore) en solución NACE 177-B desaireada y saturada con H_2S. Se busca comprender la formación de películas de sulfuro de hierro, y la susceptibilidad del material a la corrosión localizada y la fragilización por hidrógeno.

2. METODOLOGÍA

Probetas de aceros API 5L X70 MS y MO, con contenido de Mo de 0.14% y 0.004%). Los ensayos se realizaron en una celda de tres electrodos utilizando solución NACE TM0177-B con y sin saturación de H_2S. Se empleó Ruido Electroquímico (EN) 3600 y Polarización Potenciodinámica Cíclica (CPP) con un barrido de ±0.8 V respecto al potencial de circuito abierto. Adicionalmente, se realizaron ensayos de inmersión de 12 a 720 h para medir la pérdida de masa y caracterizar los productos por SEM, EDS y XRD.

3. RESULTADOS

El análisis de Ruido reveló que el acero MS presenta una mayor susceptibilidad a la corrosión localizada, con transitorios de potencial asociados a eventos de picaduras. Y el acero MO mostró mayor estabilidad y tendencia al ennoblecimiento, alcanzando potenciales de hasta 0 V en presencia de H_2S.

En las CPP, el acero MS mostró lazos de histéresis pronunciados (dificultad para la repasivación tras la ruptura de la película protectora). Y el acero MO presentó una histéresis mínima, sugiriendo que su microestructura y el contenido de Mo favorecen la formación de una capa de sulfuro de hierro más estable y protectora. Los ensayos de inmersión confirmaron que la tasa de corrosión disminuye rápidamente en las primeras 96 h debido a la formación de una doble capa de FeS, la cual actúa como barrera difusiva.

Tabla 1. Parámetros en solución NACE con H_2S.

Muestra	Ei (V)	Ef (V)	Ecorr (V)
X70 MS	-0.620	-0.460	≈-0.43
X70 MO	-0.150	0.000	≈-0.57

Los análisis EDS y XRD identificaron al FeS como el principal producto de corrosión, con una estructura más cristalina y espesa en las muestras expuestas a la fase de vapor tras 720 h. Pero el incremento de la densidad de corriente catódica en presencia de H_2S indica riesgo de fragilización por hidrógeno.

CONCLUSIONES

La investigación demuestra que el acero API 5L X70 MO tiene desempeño electroquímico superior en ambientes amargos. Presenta una mayor estabilidad superficial, potenciales más nobles y menor susceptibilidad a la corrosión localizada que el MS. El contenido de Mo y una película de FeS estable son clave para mitigar el daño. Hallazgos fundamentales para la selección de materiales y la prevención de fallas catastróficas en la infraestructura petrolera.

4. REFERENCIAS

[1] FioravanteI, Nunes , Acciari H, Codaro E. Films Formed on Carbon Steel in Sweet Environments -A Review. J Braz Chem Soc. 2019;30:1341–9.

[2] Bai P. et al., Corros. Sci. 87, 397, (2014).

División 7

Conversión y Almacenamiento de Energía (CAE)

Trabajos Orales

Intercalación de V_2O_5 con un derivado quinónico tipo rodizonato para aplicaciones en baterías de ion sodio

Presentación **Oral**

R.A. Mellado-Garza[1], A. Romero-Contreras, A. Espinoza-Roa[2], E.M. Sánchez-Cervantes[1]

[1] *Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, San Nicolas de los Garza, NL, México* .[2] *Centro de Investigación en Química Aplicada, Unidad Monterrey, Apodaca, NL, México*

E-mail: eduardo.sanchezcv@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las baterías de ion sodio representan una alternativa viable al litio por la abundancia y bajo costo del sodio, aunque su desempeño depende en gran medida de la estabilidad de los materiales catódicos. El V_2O_5 ofrece alta capacidad y una estructura laminar favorable, pero se degrada durante el ciclado. En contraste, compuestos quinónicos presentan alta actividad redox, aunque su solubilidad limita su estabilidad. En este trabajo se propone la intercalación de un derivado tipo rodizonato en V_2O_5 como una estrategia para acoplar estabilidad estructural con contribución electroquímica activa [1].

2. METODOLOGÍA

El material (AR)xV_2O_5 se obtuvo por intercalación química en fase líquida a partir de V_2O_5 hidratado. La estructura se analizó mediante DRX, FTIR y Raman. Los electrodos se prepararon por ruta convencional y se evaluaron en celdas tipo botón con sodio metálico como contraelectrodo. El desempeño electroquímico se determinó por voltamperometría cíclica, carga-descarga galvanostática y EIS [2].

3. RESULTADOS

La intercalación del derivado quinónico indujo la xpansión interlaminar del V_2O_5, evidenciada por el esplazamiento de los planos basales. Este cambio tructural favorece la difusión de Na^+ y mejora la nética de transporte iónico, consistente con el ecanismo de función dual ilustrado en la Figura 1. lectroquímicamente, el material mostró una capacidad icial cercana a 140 mAh/g y una mayor retención de rga respecto al V_2O_5 sin modificar. Las curvas de oltamperometría presentan procesos redox más efinidos y una respuesta más estable durante el ciclado, que sugiere una interacción sinérgica entre la fase inorgánica y el componente orgánico [3].

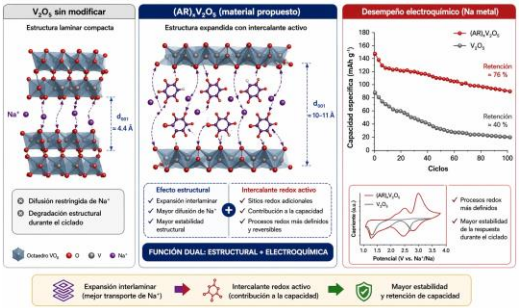


Figura 1. Intercalación de un derivado quinónico en V_2O_5 con función dual: expansión interlaminar y contribución redox activa. El sistema resultante muestra mayor capacidad, mejor definición redox y mayor estabilidad durante el ciclado respecto al V_2O_5 sin modificar.

4. CONCLUSIONES

La intercalación del derivado quinónico modifica la estructura del V_2O_5 y mejora su respuesta electroquímica. El material conserva su capacidad y presenta mayor estabilidad durante el ciclado, evidenciando una sinergia entre ambas fases. A diferencia de sistemas donde el intercalante actúa únicamente como espaciador estructural, en este caso contribuye activamente a los procesos redox, abriendo una ruta para el diseño de cátodos híbridos con función dual en baterías de ion sodio.

5. REFERENCIAS

[1] W. B. Li et al., *Materials Today Physics*, **26**, 100761, (2022).
[2] X. Li et al., *Nano Research*, **15**, 5072, (2022).
[3] H. Gu et al., *Small*, **20**, 2310722, (2024).

DESARROLLO DE BATERÍAS FLEXIBLES DE ZINC-AIRE MEDIANTE LA INGENIERÍA DE LA COMPOSICIÓN DE ELECTROLITOS CUASI-SÓLIDOS ULTRADELGADOS

Presentación **Oral**

J.A. Arredondo Espínola[1], B.L. España Sanchéz[2], W.N. Velazquez Arjona[1*]

[1] Centro de Investigación en Materiales Avanzados S. C. Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua, C.P. 31136, México.

[2] Tecnológico de Monterrey, Institute of Advanced Materials for Sustainable Manufacturing, Epigmenio González 500, San Pablo, Querétaro, Querétaro, C.P. 76130, México.

E-mail: arredondojorge777@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN.

Las baterías de Zinc-aire (ZABs, por sus siglas en inglés) son una tecnología con alta capacidad de almacenamiento energético, económicamente viables, y más amigables con el ambiente que otros sistemas [1]. Sin embargo, las ZABs se caracterizan por ser una tecnología en desarrollo, que para su masificación y uso en sistemas reales requiere modificaciones en cátodo, ánodo y electrolito. Las ZABs flexibles, debido a que incorporan un electrolito de estado cuasi-sólido (QSE, por sus siglas en inglés) aumentan la capacidad especifica volumétrica, reducen reacciones parásitas y evitan el crecimiento dendrítico del Zinc, sin embargo, debido a la limitada cantidad de electrolito los efectos de carbonatación, retención de electrolito y pasivación determinan el tiempo de vida útil de la ZAB. En este trabajo se desarrollaron QSE a base de PVA, modificado mediante la incorporación de polímeros super adsorbentes (poliacrilato de potasio, PAAK) y estructurales (oxido de polietileno, PEO), así como agentes plastificantes con doble rol (estructural y aditivo) y fillers inorgánicos a base de SiO_2, teniendo como principal enfoque el efecto de diferentes morfologías de nanoestructuras de SiO_2 en QSE optimizados para baterías de Zinc aire

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron 3 QSE mediante el método de casting a través de la preparación de una solución en % P/V de 10% de PVA, 0.085% de PAAK y 0.025% de PEO en agua desionizada. El QSE de PPP TEA se le añadieron 2 mL de Trietanolamina (TEA), para los QSEs de PPP-TEA E y PPP-TEA D se le añadió 2 mL de TEA y 2% en peso de nanoestructuras de SiO_2 esférico y dendrítico, respectivamente. Una vez homogeneizada la solución se realizó el casting y se hidrataron los filmes poliméricos en 6M de KOH para obtener QSEs de 75 µm de espesor.

3. RESULTADOS

Los QSE sintetizados se examinaron superficialmente y en sección transversal mediante SEM. Se empleó AFM para determinar el potencial superficial, mientras que el análisis FTIR proporcionó información sobre las interacciones inter e intramoleculares entre la matriz de QSE y los fillers de SiO_2. La caracterización electroquímica se realizó en celdas simétricas Zn‖Zn, demostrando que la incorporación de SiO_2 dendrítico mejora significativamente la reversibilidad del electrodo de zinc durante el ciclado. Esta mejora se atribuye a la reducción de la corrosión y a la supresión de la formación de capas interfaciales complejas, asociadas al establecimiento de una interfase Zn/SiO_2 más estable y reversible en medios alcalinos (6 M KOH). Alcanzando una alta eficiencia energética del 63 % y la capacidad de mantenerse funcional 80 h en ciclaje.

4. CONCLUSIONES

La incorporación de nanoestructura dendríticas de SiO_2 en QSE optimizados, permiten la formación de interfases complejas a la vez que retardan los efectos indeseados de la FZAB, obteniéndose resultados superiores a QSE de hasta 100 veces mayor espesor.

5. REFERENCIAS

[1] Bi, X., Jiang, Y., Chen, R., Du, Y., Zheng, Y., Yang, R., Wang, R., Wang, J., Wang, X., & Chen, Z. Advanced Energy Materials, 14(6), (2024)

[2] Liu, Q., Liu, R., He, C., Xia, C., Guo, W., Xu, Z. L., & Xia, B. Y., EScience, 2(5), 453–466, (2022)

Metodología para determinar la eficiencia y consumo energético de un electrolizador alcalino establecida en el LANH2

Presentación **Oral**

R. de G. González Huerta[1], R. Moreno-Soriano[2], J. M. Sandoval-Pineda[3]
[1]Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE, Lab. Electroquímica, UPALM, 07738, CDM-México
[2]Instituto Politécnico Nacional, ESFM, UPALM, 07738, CDM, México
[3]Instituto Politécnico Nacional, SEPI, ESIME-UA, 02250, CDMX-México
E-mail: rgonzalezh@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

La electrólisis está comprometida con la producción de hidrógeno verde, ya que, según un estudio de la GIZ [1], la demanda de H_2 en México para el 2050 será de 1000 kTon año^{-1}, en las áreas de refinación de petróleo, producción de amoníaco y gas de síntesis, así como su uso en turbinas de combustión dual (70% gas- 30% hidrógeno). México tiene una dependencia tecnológica en el diseño y manufactura de electrolizadores, por lo que en el Laboratorio Nacional SECIHTI en Tecnologías del Hidrógeno (LANH2) se están diseñando electrolizadores alcalinos entre 1 y 10 kW. Para un manejo eficiente y funcional de estos electrolizadores alcalinos es necesario establecer materiales adecuados para distintos componentes, como los electrodos, los conectores y los sellos, etc. También se necesita validar la producción de hidrógeno, para establecer la eficiencia y consumo energético de los electrolizadores. Estos electrolizadores deben presentar una eficiencia competitiva y el material del ánodo debe ser base níquel para no generar contaminantes [2].

2. METODOLOGÍA

Se estableció la metodología para validar un electrolizador alcalino de celda seca de 1 kW en el LANH2. El proceso inicia determinando que los ánodos sean base níquel sin aleaciones de Cr; los cátodos pueden ser de acero, acero inoxidable o níquel; los conectores deben ser de polipropileno y los sellos de EPDM o materiales estables en medio alcalino. Para obtener la curva de desempeño del electrolizador, se aplicaron pulsos de corriente de 3 min, de 0.1 a 0.8 A cm^{-2}, la temperatura se controló a 65 °C; como electrolito se utilizó KOH 6 M. Se registraron el voltaje demandado y el flujo de hidrógeno producido. Zeng [2] establece que la eficiencia de un electrolizador alcalino debe ser del ~50% y operar entre 60-80 °C a 0.5-0.8 A cm^{-2}.

3. RESULTADOS

Se identificó que los materiales del electrolizador eran adecuados con ánodos y cátodos de níquel. El electrolizador fue de 10 celdas con electrodos de 50 cm^2. La curva de desempeño mostró que a 65 °C y 0.7 A cm^{-2} se necesitan 30 V, con una eficiencia del 50% demandando una potencia de 1 kW, Figura 1.

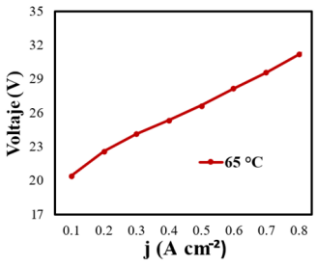


Figura 1. Curva V-J del electrolizador de 1 kW.

4. CONCLUSIONES

Se obtuvo la curva de desempeño voltaje-corriente siguiendo la metodología establecida en el LANH2, se generó una ficha técnica del electrolizador alcalino de 1 kW con una eficiencia de 50%. Establecer una metodología para determinar el desempeño de un electrolizador alcalino a nivel nacional permitirá diseños competitivos que promuevan la creación de una industria nacional e independencia tecnológica en la producción de H_2 verde mediante la electrólisis del agua.

5. REFERENCIAS

[1] HINICIO, *Hidrógeno verde en México: el potencial de la transformación. Tomo VII,* pp 33, GIZ, Alemania, (2021)
[2] K. Zeng, D. Zhang, *Progress in Energy and Combustion Science*, **36**, 307, (2010).

Cinéticas de producción de biocombustibles gaseosos a partir de suero de leche en celdas de electrólisis microbianas

Presentación **Oral**
D. Bautista[1], F. López[2], K. Muñoz[3], A. Reveles[4], A. Tovar[2], D. Trejo[1], B. Cercado[4*]
[1]Universidad Politécnica de Pachuca.
[2]Universidad Tecnológica de Corregidora
[3]Instituto de Ingeniería, UNAM
[4]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C.
E-mail: bcercado@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El suero de leche es un residuo de la industria lacto-alimentaria con alto contenido de materia orgánica y potencial contaminante; sin embargo, también representa un substrato adecuado para la producción de energía renovable [1]. Las celdas de electrólisis microbianas (CEM) emplean microorganismos electroactivos y un pequeño voltaje externo para convertir la materia orgánica en hidrógeno [2] y biogás [3]. En este trabajo se evaluó la cinética de producción simultánea de biogás e hidrógeno a partir de suero de leche como una alternativa sostenible para el tratamiento de residuos y generación de energía limpia.

2. METODOLOGÍA

Se utilizó una CEM de dos cámaras (150 mL cada cámara) operada en lote con una mezcla de lixiviado de composta y suero de leche como anolito. Se aplicó un potencial de 0.5 V/Ag/AgCl al ánodo y se monitorearon la corriente, el biogás anódico y el biohidrógeno catódico en el tiempo. Se realizaron controles de substrato y actividad biológica. Se determinaron diferentes parámetros de eficiencia y rendimiento del proceso, además se realizó la inspección de biopelícula electroactiva.

3. RESULTADOS

Los electrodos carbonosos fueron colonizados por especies de morfología bacilar. La producción de corriente se encontró en el rango 1.6 - 13.6 mA m^{-2} en su punto máximo a lo largo de 13 días de operación. La producción de hidrógeno fue de 7.5-110 mL y la producción máxima de biogás fue 45 mL equivalente a un rendimiento de 212 mL g-DQO^{-1} en un periodo de operación de 5 d. La materia orgánica removida en términos de demanda química de oxígeno (DQO) fue de 5-20 %. En conjunto, el balance energético de la CEM indicó una ganancia de al menos 1.67 kJ, lo que representa una oportunidad para la valorización de desechos de la industria agroalimentaria y obtención de energía. Los controles: abiótico, sin sustrato y sin voltaje demostraron que el proceso es híbrido entre biológico y electroquímico.

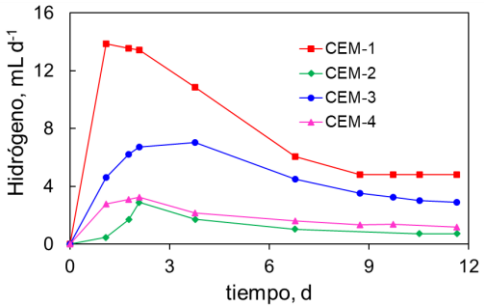


Figura 1. Cinéticas de producción de biohidrógeno a partir de suero de leche y composta.

4. CONCLUSIONES

El aprovechamiento de efluentes industriales es una necesidad urgente para la obtención de formas no convencionales de energía. Velocidades de producción de hidrógeno y de biogás alcanzaron 22 mL d^{-1} y 9 mL d^{-1} respectivamente a partir de un anolito conformado por una mezcla de lixiviado de composta-suero de leche en celdas de electrólisis microbianas. Estos resultados sientan las bases para la optimización del proceso bioelectroquímico.

5. REFERENCIAS

[1] W. Guerrero-Rodríguez, et al., *Tecnología Química*, **32**, 99, (2012).

[2] D. Cheng, et al., *Bioresource Technology*, **346**, 126588, (2022).

[3] L. Cristiani, et al., *Bioresource Technology*, **41** 131491, (2024).

Evaluación de las propiedades capacitivas de un compuesto Nylon/$H_2T(p\text{-}NH_2)PP$/GO

Presentación **Oral**

C.G. Garcia Ramirez[1], C. A. García Pérez[1], U. León Silva[1], O. Rodríguez Pérez[1], E. C. Menchaca Campos[1], A. Parra Parra[1].

[1]Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas-IICBA, UAEM, Avenida Universidad 1001, 62209, Cuernavaca, Morelos, México.

E-mail: citlali.garciar@uaem.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El compuesto **Nylon/$H_2T(p\text{-}NH_2)PP$/GO** combina las propiedades mecánicas del nylon, la capacidad de transporte de carga de la porfirina y el GO mejora la conductividad eléctrica, además, aporta una elevada área superficial, favoreciendo el almacenamiento de energía. lo que lo hace atractivo para aplicaciones en almacenamiento de energía. Su desempeño electroquímico puede evaluarse mediante espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS), para analizar la transferencia de carga y la resistencia del material; voltamperometría cíclica (CV), para estudiar su comportamiento capacitivo y procesos redox; y pruebas de carga-descarga galvanostática (GCD), que permiten determinar la capacitancia, eficiencia y estabilidad durante el ciclado. Estas técnicas son fundamentales para evaluar su potencial aplicación como electrodo en supercapacitores [1,2].

2. METODOLOGÍA

El compuesto Nylon/$H_2T(p\text{-}NH_2)PP$/GO se preparó mediante electrohilado y deposición sobre sustratos conductores. Su desempeño electroquímico se evaluó en H_2SO_4 1 M mediante espectroscopía de impedancia electroquímica, voltamperometría cíclica y pruebas de carga-descarga galvanostática [3], con el fin de analizar su conductividad, capacidad de almacenamiento de energía y estabilidad como material para supercapacitores.

3. RESULTADOS

Los voltamperogramas (Figura 1) del compuesto Nylon/$H_2T(p\text{-}NH_2)PP$/GO (90 % GO) mostraron un comportamiento capacitivo característico, con perfiles rectangulares y picos asociados a reacciones faradaicas que contribuyen a la pseudocapacitancia. La mayor capacidad específica se obtuvo a una velocidad de barrido de 5 mV/s, alcanzando aproximadamente 500 F/g. Asimismo, la activación previa en NaOH mejoró el desempeño electroquímico de los electrodos. Al aumentar la velocidad de barrido, disminuyó la contribución de las reacciones faradaicas y, por consiguiente, la capacidad específica del sistema [3,4].

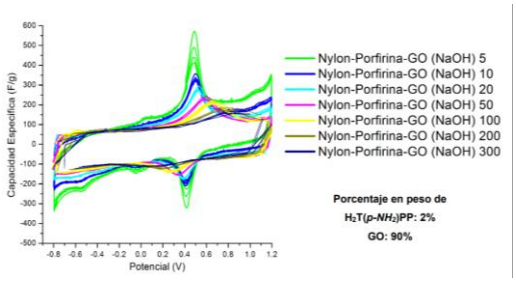


Figura 1. Voltamperometría cíclica del compuesto: Nylon/$H_2T(p\text{-}NH_2)PP$/GO.

4. CONCLUSIONES

El compuesto Nylon/$H_2T(p\text{-}NH_2)PP$/GO presentó buena conductividad iónica y propiedades capacitivas, mostrando potencial para aplicaciones en supercapacitores. El aumento en la concentración de óxido de grafeno mejoró el desempeño electroquímico de los electrodos. El mejor resultado se obtuvo con Nylon/$H_2T(p\text{-}NH_2)PP$ (2 %) / GO (90 %), cuyo capacitor alcanzó 545.14 F/g de capacitancia específica, 68.9 Wh/kg de densidad energética, 95.24 % de eficiencia y buena ciclabilidad (10^6 ciclos), confirmando su viabilidad para dispositivos avanzados de almacenamiento de energía.

5. REFERENCIAS

[1] C. Gopi, S. Alzahmi, V. Narayanaswamy, R. Vinodh, B. Issa, & I. Obaidat. (2025). *Supercapacitors* **114,** 115729 (2025).

[2] K-O. Hülya, *Carbon Trends*, **17,** 100429, (2024).

[3] S. Sharma, P. Chand, *Results in Chemistry*, **5**, 1008 (2023).

[4] S. Zheng, Z. Wu, S. Wang, H. Xiao, F. Zhou, C. Su *Energy Storage Materials,* **6**,70, (2017).

Grafeno exfoliado como estabilizador en electrodo de Mg-Co-Ni para almacenamiento de energía

Presentación **Oral**

C.G. Nava-Dino[1*], A.Delacruz-Delgado[2], M.C. Maldonado-Orozco[1], R. Narro-García[1], F. Estupiñan-López[3], P.I. Cordero-De Los Ríos[1], G.E. Aranda-Gardea[4], J.G. Chacón-Nava[2]

[1]Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería, Circuito No. 1., Campus Universitario 2. Chihuahua, Chih., C.P. 31125, México.
[2]Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C (CIMAV), Miguel de Cervantes No. 120, Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua 31136, México.
[3]Universidad Autónoma de Nuevo León, FIME, Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIIA), San Nicolás de los Garza 66455, México.
[4]Universidad Politécnica de Chihuahua, Av. Prol. Teófilo Borunda No. 13200, Labor de Terrazas, 31220 Chihuahua, Chih. México.

E-mail: ndino@uach.mx

1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de mejores aleaciones que sean capaces de almacenar energía es una constante necesidad en nuestros días. La llegada de la electromovilidad [1], entre otras áreas del conocimiento especializadas en la búsqueda constante de nuevos medios de almacenamiento de energía ha permitido el desarrollo de nuevas estrategias para su análisis y desarrolló. En el presente trabajo se elaboro un electrodo por medio de la técnica de aleado mecánico con tiempos de molienda de 15 min, 30 min, 1hr y 3h [2]. Donde 2 de los principales componentes de activación en la aleación son el grafeno exfoliado y el cobalto. El objetivo principal es construir una aleación que permita funcionar como un capacitor para almacenar energía por más tiempo, con el mínimo de materiales contaminantes; empleando, para ello el grafeno exfoliado.

2. RESULTADOS

Dentro de los resultados obtenidos destaca el tiempo de molienda en las muestras, así como los resultados de las pruebas electroquímicas realizadas. Como lo son las curvas de polarización que al añadir a la molienda el cobalto, muestran un comportamiento más estable. En la figura 1. Se muestra una imagen de una de las muestras desarrolladas a 15 min de tiempo de molienda.

3. CONCLUSIONES

En el constante diseño de aleaciones para el desarrollo de electrodos libres de materiales pesados, la eficacia y respuesta del material es notable con la añadidura del cobalto. Sin embargo no tan diferente al encontrar que el grafeno exfoliado desarrolla un papel trascendental en la respuesta electroquímica.

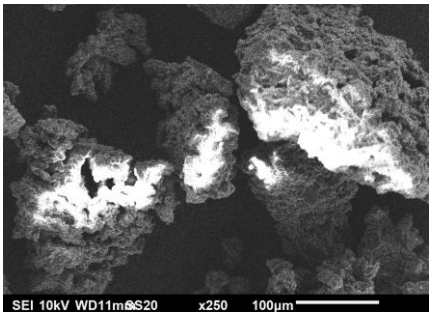


Figura 1. Muestra a 15 minutos de molienda.

4. REFERENCIAS

[1] V. M. Fahrner, K. Jakel , W. Lücke, How to win taxi drivers for electromobility: Potentials and barriers in Berlin, *Journal of Urban Mobility,* Volume **9**,100179**,** (2026).

[2]H. Zou, M. Liu, K. Cheng, F. Yang, F. Kong, Novel self-refining Mg–Ni–Co alloys: High hydrogen storage capacity and long cycling life, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume **241**,155593, (2026).

Desarrollo de electrocatalizadores bifuncionales para baterías de Zn-aire mediante el acoplamiento de rGO a MOF 2D-tipo Hofmann soportado sobre $Ti_3C_2T_x$.

Presentación **Oral**

E.A. Quintanilla-Serrano[1*], P. Acevedo-Peña[2], E. Reguera[1]
[1] IPN. LNCAE. CICATA unidad Legaria. Ciudad de México, México.
[2]SECIHTI-IPN. LNCAE. CICATA unidad Legaria. Ciudad de México, México.
E-mail: arturimoral@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN.

La cinética lenta de las reacciones de evolución y reducción de oxígeno (OER y ORR) durante la carga y descarga de baterías Zn-aire limita significativamente su eficiencia energética y ciclabilidad, por lo que resulta imperativo desarrollar catalizadores bifuncionales que promuevan ambas reacciones. En este contexto, la exploración de materiales estables y estructuralmente compatibles es una tarea clave. Los MOF 2D-tipo Hofmann ofrecen sitios metálicos activos en estructuras laminares [1,2], mientras que los MXenos (carburos/nitruros de metales de transición) destacan por su excepcional conductividad eléctrica y estabilidad química. No obstante, los compósitos formados entre MXenos y MOFs tipo Hofmann únicamente son activos para la OER. El acoplamiento de rGO podría aportar la actividad necesaria para la ORR, confiriendo así bifuncionalidad al sistema [3,4]. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es sintetizar heteroestructuras MX@TCN/rGO con distintas proporciones de rGO y evaluar su desempeño catalítico en baterías Zn-aire.

2. METODOLOGÍA

Las heteroestructuras MX@TCN/rGO(x:y) fueron sintetizadas a través del crecimiento capa por capa de una MOF tipo Hofmann sobre un MXeno de $Ti_3C_2T_x$ bajo precipitación simple (formación de TCN@MX). Después, el material previamente obtenido se mezcla en diferentes relaciones en peso de rGO (TCN@MX:rGO=3:1, 1:1 y 1:3) y se somete a tratamiento con ultrasonido para obtener el material final.

3. RESULTADOS

Las heteroestructuras MX@TCN/rGO(x:y) mostraron un rendimiento adecuado al ensamblarse en prototipos de baterías de Zn-aire. La evaluación electroquímica a diferentes corrientes de descarga mostró el gran desempeño de estos materiales, destacando el material con relación en peso 1:1, que presentó la mayor estabilidad y recuperación al aplicar hasta 40 $mA \cdot cm^{-2}$ (ver Figura 1A), incluso entregando la mayor energía entre los demás materiales (ver Figura 1B).

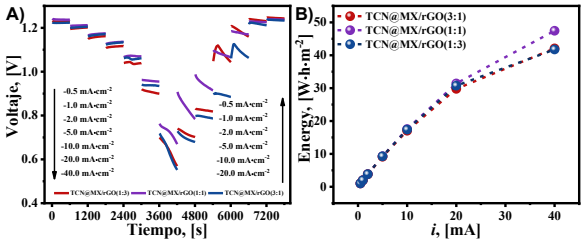


Figura 1. (A) Prueba de descarga a diferentes densidades de corriente y (B) diagrama de energía en función de la corriente aplicada a las heteroestructuras ensambladas en baterías de Zn-aire.

4. CONCLUSIONES

La sinergia entre la conductividad del MXeno, los sitios metálicos activos de la MOF tipo Hofmann para OER y la capacidad de promover la ORR del rGO, dio lugar a un catalizador bifuncional altamente eficiente y excepcionalmente estable, lo que consolida su potencial como material clave para el ensamblaje de baterías de Zn-aire.

5. REFERENCIAS

[1] E.A. Quintanilla-Serrano et al., *Surf. Interfaces*, **92**, 1, (2026).
[2] E.A. Quintanilla-Serrano et al., *Dalton Trans.*, **55**, 1, (2026).
[3] S. Iravani et al., *FlatChem*, **48**, 1, (2024).
[4] M.B.Z. Hegazy et al., *Small*, **20**, 1, (2024).

Influencia del dopaje con Co en titanato de sodio ($Na_2Ti_6O_{13}$) sobre la estabilidad de ciclado a largo término en celdas de ion sodio (SIB).

Presentación **Oral**

P. Cruz[1*], M. Azuara[2], H.A. Lara-García[2], G. Guzmán-González[1]

[1]Universidad Autónoma Metropolitana–Unidad Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ª sección, 09340, Iztapalapa, Ciudad de México, CDMX.

[2]Instituto de Física, Investigación Científica, C.U., Coyoacán, 04510, Ciudad de México, CDMX.

E-mail: pavel-cruz@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La investigación en baterías de ion sodio (SIBs) ha cobrado gran relevancia como alternativa sostenible y económica a las baterías de ion litio, debido a la abundancia, bajo costo y distribución geográfica homogénea del sodio en comparación con el litio. [1] Esto las posiciona como una opción viable para sistemas de almacenamiento estacionario de energía a gran escala. Entre los materiales de ánodo, el titanato de sodio $Na_2Ti_6O_{13}$ (NTO) destaca por su bajo potencial de intercalación (~0.3 V vs. Na^+/Na), excelente estabilidad estructural y seguridad operativa.[1], [2] Sin embargo, su principal desventaja es su baja conductividad electrónica (típica de óxidos de titanio) y una cinética de intercalación lenta, lo que limita su rendimiento a altas densidades de corriente. Para superar esta limitación, se propone el dopaje con cobalto (Co) en cantidades mínimas, el cual introduce estados electrónicos intermedios en la banda prohibida, aumenta la conductividad, mejora la movilidad iónica y estabiliza la red cristalina durante los ciclos de carga/descarga, sin comprometer la seguridad del material.

2. METODOLOGÍA

Se realizó la síntesis y posterior dopaje de $Na_2Ti_6O_{13}$ con cobalto (5% wt, CoNTO). Se realizaron las caracterizaciones fisicoquímicas pertinentes para corroborar una síntesis eficaz. Para las pruebas electroquímicas se elaboraron electrodos con proporción 70/20/20 wt% de CoNTO y NTO como material activo, carbón Súper P y PVDF como aglomerante, respectivamente. En celdas de Na° con electrolito 1M $NaPF_6$ en mezcla de EC/DMC, se realizó un proceso de mojado y monitoreo por EIS y OCV, voltamperometría cíclica, EIS post-CV y un proceso de envejecimiento a C/2.

3. RESULTADOS

El efecto del dopaje a pequeñas concentraciones de cobalto estabiliza significativamente la estructura del titanato de sodio, lo que conlleva a la retención de aproximadamente el 80% de capacidad a una densidad de corriente de C/2 después de 90 ciclos de carga/descarga (Figura 1).

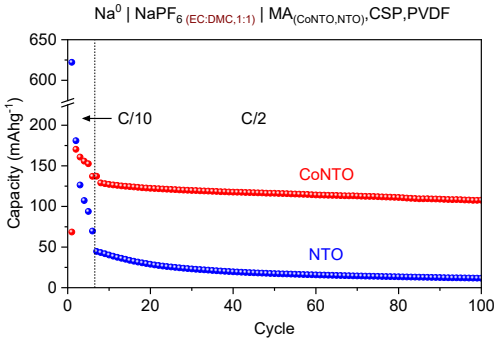


Figura 1. Capacidad de descarga de CoNTO y NTO durante 100 ciclos a dos densidades de corriente.

4. CONCLUSIONES

La estructura de CoNTO presentó una buena estabilidad electroquímica al ser sometida a un estrés constante de C/2 después de 90 ciclos. Lo que marca un paso importante en la búsqueda de materiales estables para su uso en celdas de ion sodio.

5. REFERENCIAS

[1]N. L. Vincent, S. Jyothilakshmi, and V. Aravindan, *Adv. Energy Mater.*, **vol. 16**, no. 10, p. e05305, (2026)

[2]A. Rudola, K. Saravanan, S. Devaraj, H. Gong, and P. Balaya, *Chem. Comm.*, **vol. 49**, no. 67, pp. 7451, (2013)

Electrolitos superconcentrados de $LiNO_3$ en H_2O:DMF para supercapacitores de alta energía específica

Presentación **Oral**

Próspero Acevedo-Peña[1*], L.V. Vargas-Aguilar[2], E. Reguera[2]
[1]SECIHTI-IPN. LNCAE. CICATA unidad Legaria. Ciudad de México, México.
[2] IPN. LNCAE. CICATA unidad Legaria. Ciudad de México, México.
E-mail: prosperoster@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN.

Los electrolitos superconcentrados, o *Water-in-Salt Electrolytes* (WISE), representan una estrategia prometedora para ampliar la ventana de estabilidad electroquímica de los dispositivos de almacenamiento de energía en medio acuoso. Esto se debe al notorio incremento de la relación iones/agua, que modifica la actividad de la molécula de agua y desplaza sus límites de estabilidad en comparación con los electrolitos convencionales de sal en agua. Además, la modificación de la esfera de solvatación de los iones en el electrolito puede facilitar su transporte, lo que mejora el desempeño electroquímico del dispositivo [1]. Sin embargo, la elevada concentración salina incrementa significativamente el costo del electrolito. Por esta razón, sales de bajo costo como el $LiNO_3$ han llamado la atención en esta aplicación, pues su valor es varias veces menor que el LiTFSI, la sal utilizada por excelencia en WISE a base de Li^+. Por otra parte, la conductividad del electrolito $LiNO_3$ en agua es superior y no disminuye con la concentración, a diferencia de los electrolitos basados en LiTFSI [2]. En este trabajo se evaluó la incorporación de dimetilformamida (DMF) como cosolvente en un sistema basado en $LiNO_3$ con el objetivo de modificar la estructura de solvatación de los iones, mejorar el aprovechamiento de la porosidad del carbón activado y optimizar el desempeño de supercapacitores electroquímicos.

2. METODOLOGÍA

Se formularon electrolitos superconcentrados de $LiNO_3$ empleando diferentes relaciones H_2O:DMF y se ensamblaron supercapacitores simétricos con electrodos de carbón activado en celdas tipo swagelock. El desempeño electroquímico se evaluó mediante voltamperometría cíclica, carga-descarga galvanostática y espectroscopía de impedancia electroquímica. Asimismo, se analizaron la capacitancia, la resistencia asociada al transporte iónico y los parámetros energéticos de los dispositivos.

3. RESULTADOS

La incorporación de DMF favoreció el acceso de los iones de litio a poros de menor tamaño, incrementando significativamente la capacitancia de los supercapacitores, ver Figura 1. En combinación con la ampliación de la ventana de operación, este efecto provocó un incremento significativo de la densidad de energía del dispositivo. No obstante, el acceso a microporos también incrementó la resistencia a la difusión de iones de Li^+ dentro de la estructura porosa, reduciendo la capacidad de operación a altas velocidades de carga y descarga y, en consecuencia, la densidad de potencia.

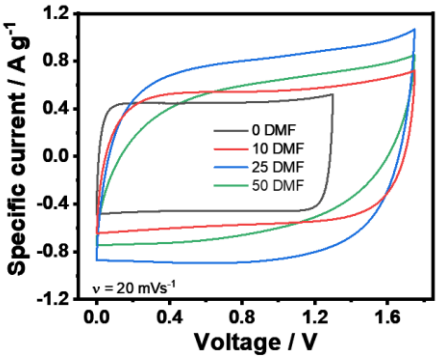


Figura 1. Respuesta voltamperométrica de los supercapacitores (10 M $LiNO_3$).

4. CONCLUSIONES

Estos resultados ponen de manifiesto el compromiso entre el aumento de la energía específica y las limitaciones cinéticas impuestas por el transporte iónico en WISE modificados con cosolventes.

5. REFERENCIAS

[1] J. Zheng et al., *Chem*, **4**, 2872 (2018).
[2] L. Flores et al., *Electrochimica Acta*, **536**, 146680 (2025).

Hexacianoferratos de alta entropía como electrodos positivos para el almacenamiento electroquímico de iones de sodio acuoso

Presentación **Oral**

J.X. Vera Peña[1], P. Acevedo Peña[2*], L.V. Aguilar-Vargas[1], M. González Montiel[1], E. Reguera Ruiz[1]

[1]Instituto Politécnico Nacional. Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía. CICATA unidad Legaria. Ciudad de México, México.

[2]SECIHTI-Instituto Politécnico Nacional. Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía. CICATA unidad Legaria. Ciudad de México, México.

E-mail: jverap2600@alumno.ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos materiales para aplicaciones asociadas al almacenamiento de energía ha sido relevante en los últimos años. Es por ello que, se ha estudiado $K_3Fe(CN)_6$ como electrodo positivo en baterías de sodio acuosas, dada su baja interacción del grupo -C≡N- con los iones de sodio y la posibilidad de modular sus propiedades estructurales por el enlace Fe-CN. Sin embargo, la presencia de agua zeolítica y su conductividad eléctrica afectan la estabilidad del material durante el ciclado, y, por ende, su desempeño electroquímico [1,2]. Por lo anterior, se plantea la síntesis de hexacianoferratos de alta entropía (HE-HCF) como una alternativa para potenciar su rendimiento electroquímico, pues el aumento moderado de la entropía favorecería una disposición atómica interna desordenada, mejoraría la estabilidad estructural durante el ciclado mediante la redistribución de la densidad electrónica en la red cristalina y aumentaría la disponibilidad de pares redox en el material.

2. METODOLOGÍA

HE-HCF se sintetizaron por molienda oscilatoria en seco, donde se añadieron $K_3Fe(CN)_6$ y nitratos (II) de Mn, Cu, Co, Zn y Ni como precursores en relación equimolar. Se estudió el efecto del tiempo de molienda en la adición de $K_3Fe(CN)_6$ (40, 80, 120 y 160 minutos) a la pasta homogénea de nitratos. Se les evaluó el desempeño electroquímico en una celda convencional de tres electrodos, usando Na_2SO_4 al 0.5 M como electrolito; asimismo, el desempeño del HE-HCF-80 como electrodo positivo en el ensamble de una batería acuosa de sodio con NTP-GO como electrodo negativo.

3. RESULTADOS

El tiempo de molienda influyó en la morfología, la composición y la respuesta electroquímica del HE-HCF, siendo el material HE-HCF-80 minutos el que mostró un rendimiento superior (93.81 mA h g-1 a 50 mA g-1), con una eficiencia coulómbica del 99% y alta estabilidad en el ciclado, debido a los efectos sinérgicos entre las propiedades estructurales y electrónicas del HE-HCF. Lo anterior, favoreció la difusión iónica y promovió una cinética rápida dado el aumento en la disponibilidad de pares redox. Así, los sólidos de alta entropía resultaron ser materiales prometedores para el almacenamiento de sodio en medio acuoso.

4. CONCLUSIONES

Los sólidos de alta entropía (HE-HCF) resultaron ser materiales favorables para el almacenamiento de sodio en medio acuoso, pues el aumento de la entropía configuracional condujo a una mejora en la estabilidad estructural dada la redistribución de la densidad electrónica en la red, y, por ende, mejoró el desempeño electroquímico. Asimismo, el tiempo de molienda influyó en la composición y morfología de los materiales sintetizados, siendo 80 minutos el tiempo óptimo.

5. REFERENCIAS

[1] Y. Ávila, P. Acevedo-Peña, L. Reguera, E. Reguera, *Coordination Chemistry Reviews*, **453**, 214274, (2022).

[2] H. Cheng, et al., *Angewandte Chemi*, **137**, e202414302, (2025).

Efecto de contraiones en líquidos iónicos polimerizados (PILs) sobre el desempeño electroquímico de baterías litio-azufre

Presentación: **oral**

L.García-Valle[1], I. González[1], G.Guzmán-González[1]
[1]Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa
E-mail: gguzmang@izt.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las baterías litio-azufre (LiSBs) se consideran una de las tecnologías de almacenamiento de energía más prometedoras debido a su elevada capacidad específica y densidad energética, superiores a las de las baterías convencionales de ion-litio (LiBs). Sin embargo, su aplicación a escala industrial continúa limitada por la formación de polisulfuros de litio (LiPS), especies intermediarias solubles que ocasionan la pérdida de material activo y limitan la conversión reversible entre el azufre (S_8) y el sulfuro de litio (Li_2S). En este contexto, los líquidos iónicos polimerizados (PILs) han emergido como aglomerantes funcionales capaces de participar activamente en el desempeño electroquímico del cátodo. Mientras que los PILs catiónicos favorecen la retención de LiPS, los PILs aniónicos promueven un transporte más eficiente de Li^+ [1].

En este trabajo se propone una arquitectura de doble recubrimiento con PILs para combinar ambos mecanismos y mejorar la utilización del azufre y la estabilidad cíclica de las LiSBs.

2. METODOLOGÍA

Se seleccionaron dos líquidos iónicos polimerizados (PILs) con estructuras químicas similares, pero de naturaleza iónica opuesta para la elaboración de los cátodos. Se usó el poli[litio 1-(3-metacriloiloxi) propilsulfonil]-1 (trifluorometanosulfonil)imida] (pL) como PIL aniónico y poli[dialildimetilamonio bis(trifluorometanosulfonil) imida] (pD) como PIL catiónico. Asimismo, con estos materiales se prepararon cátodos de doble recubrimiento en las configuraciones pDL y pLD, siguiendo la metodología previamente reportada [1]. Los electrodos se fabricaron con una composición en peso de 80:10:10 de material activo (S_8-CSP), aglomerante y aditivo conductor (CSP), respectivamente.

3. RESULTADOS

Los ciclos galvanostáticos revelan diferencias significativas en cuanto a estabilidad y capacidad de retención de carga. Los perfiles a diferentes velocidades de descarga (C-rate) muestran que el sistema pDL presenta el mejor rendimiento global, con mayores capacidades y menor degradación a lo largo de los ciclos (Figura 1). Por el contrario, el pD presenta la caída más pronunciada, lo que sugiere una capacidad limitada para estabilizar los polisulfuros de litio (LiPS). El sistema pL muestra un comportamiento intermedio, asociado a su capacidad para regular el transporte de iones Li^+. Por su parte, el sistema pLD muestra una mejora con respecto al pD, aunque sin alcanzar la estabilidad observada en el pDL.

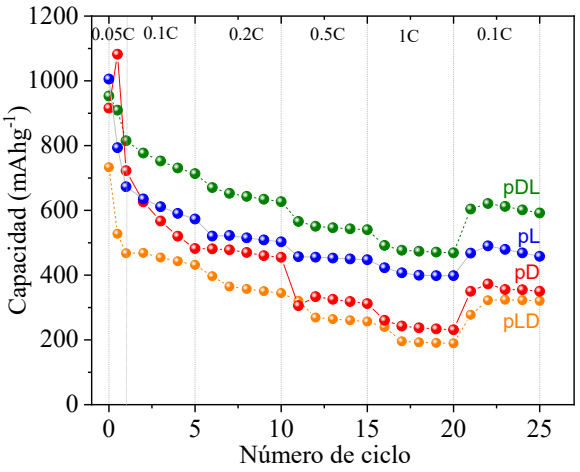


Figura 1. C-Rate de cátodos con PILs usados como aglomerantes en LiSBs bajo la configuración de celda Li^0/1M LiTFSI, DOL:DME1:1 *V/V*, 1% peso $LiNO_3$/S_8-CSP:CSP:aglomerante;80:10:10 % en peso.

4. CONCLUSIONES

Los resultados evidencian que el desacoplamiento de las funciones de retención de LiPS y transporte de Li^+ mediante una arquitectura de doble PIL constituye una estrategia efectiva para incrementar el rendimiento de las baterías litio-azufre.

5. REFERENCIAS

[1] Kumar, A., Nti, F., Rowlands, S., Bayley, P. M., Kerr, R., Forsyth, M., & Howlett, P. C. (2025). *Journal of Power Sources*, **658**, 238278.

Estudio de la oxidación de metanol sobre catalizadores Au@Ptx núcleo-envolvente

Presentación **Oral**

N. Roque de la O, S. I. Rivera Hernández, I. Mejía Caballero, C. O. Hernández Chávez, G. Vázquez Huerta *

Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana- Azc.

E-mail: gvh@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de metanol directo (DMFC) enfrentan el reto de la lenta cinética de la reacción de oxidación del metanol, lo que ha impulsado la investigación de diversos catalizadores, principalmente basados en Pt y sus aleaciones. El platino presenta problemas de alto costo y envenenamiento por especies intermediarias tipo $CO_{adsorbido}$, que bloquean sus sitios activos [1]. En el presente estudio se realiza un análisis de la carga asociada a distintos potenciales determinada por cronoamperometría y sus implicaciones en el mecanismo de oxidación del metanol.

2. METODOLOGÍA

Se obtuvieron nanopartículas de platino mediante el método coloidal, para esto se calentaron 200 mL de una solución 0.125 mM de $Na_2PtCl_4 \cdot 6H_2O$ bajo agitación constante. Al alcanzar los 90 °C se añadieron 1.54 mL de una solución 0.1 M de citrato trisódico ($C_2H_5Na_3O_7$) como agente reductor. Posteriormente, las partículas fueron soportadas en carbón Vulcan para conformar el electrodo de trabajo (NPs Pt/C). Similarmente, se obtuvieron NPs de oro, sobre las cuales se adicionó capas de Pt en proporciones 1:1 y 1:0.5, denominadas $Au@Pt_1$ y $Au@Pt_{0.5}$. La caracterización electroquímica se realizó mediante voltamperometría cíclica en una mezcla acuosa de 0.5 M H_2SO_4 y 0.5 M metanol, empleando una ventana de potencial inicial de 0 a 1.24 V vs RHE, con una velocidad de barrido de 0.05 $V \cdot s^{-1}$, de la curva obtenida se seleccionaron los potenciales entre 0.44 V a 1.24V para realizar curvas por cronoamperometría y determinar las cargas asociadas para un tiempo de 300s.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestran las cargas asociadas a los potenciales entre 0.44 V a 1.24V vs RHE, se encuentra que las cargas se incrementan hasta llegar a un máximo en el potencial de 0.84V, posteriormente disminuyen, para luego volver a aumentar después de 1.04V. Este comportamiento se asocia a la oxidación de moléculas de metanol sobre la superficie de Pt, (la cual se va oxidando conforme el potencial aumenta) en 0.84V cuando se ha formado la capa de PtOx la cinética de oxidación disminuye por la formación de $CO_{adsorbido}$ y debido a que la oxidación es más lenta sobre el óxido de Pt, lo anterior involucra un cambio en el mecanismo de oxidación.

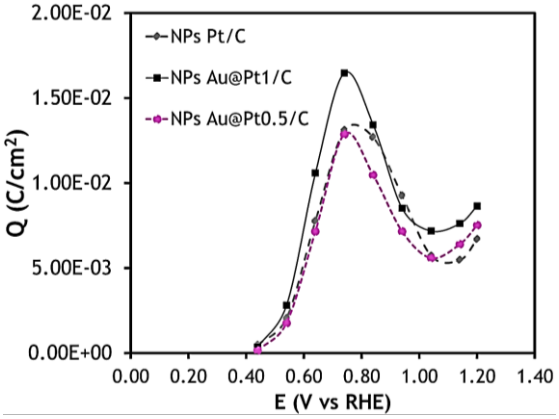


Figura 1. Densidad de carga obtenida del estudio por cronoamperometría de la oxidación de 0.5M metanol sobre partículas de Pt/C, $Au@Pt_1$ y $Au@Pt_{0.5}$.

4. CONCLUSIONES

El aumento de la densidad de carga con el incremento de potencial se relaciona con el incremento en la oxidación de las moléculas de metanol para formar CO_{ads}, a potenciales mayores de 0.84V y hasta 1.04 V, el CO_{ads} impide la oxidación de más moléculas de metanol además de que en este mismo intervalo de potencial, los catalizadores de Pt forman una capa de óxido lo cual modifica la cinética de la oxidación de metanol.

Producción de hidrógeno mediante fotoelectrocatálisis en medio ácido con TiO_2/membranas de carbono como electrodos de trabajo

Presentación **Oral**

S. López Ayala, E.C. Menchaca Campos, U. León Silva, O.A. González-Noriega. J. Uruchurtu Chavarín

Centro de investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

E-mail: s.lopez.ayala@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La fotoelectrocatálisis en medio ácido es una técnica avanzada que combina la fotocatálisis y la electroquímica para impulsar reacciones químicas utilizando energía solar. Al operar en soluciones ácidas, el exceso de protones ((H^+) facilita la transferencia de carga, mejorando la generación de hidrógeno (H_2) [1-2]. El H_2 de alta calidad se puede producir de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente mediante la electrólisis del agua. La reacción de evolución de H_2 (HER) es una semirreacción catódica de la electrólisis del agua que reduce los iones H^+ en soluciones ácidas, para generar hidrógeno gaseoso [3]. La combinación de la irradiación lumínica y los métodos electroquímicos, junto con diferentes procedimientos de modificación de los fotocatalizadores, puede mejorar drásticamente la eficiencia catalítica general. En este trabajo utilizamos membranas de poliuretano recubiertas con carbón, que son asequibles comercialmente, como soporte de TiO_2 (TiO_2/M-C) obtenido por sol-gel. La inmersión de las membranas en el sol permitió la generación de TiO_2 con un band gap adecuado para la HER, que fue exitosa.

2. METODOLOGÍA

Se realizó la síntesis sol gel de TiO_2 depositado sobre membranas de poliuretano recubierto de carbono, (TiO_2/M-C), por inmersión de las membranas en el sol de titania. Las membranas se calentaron a 150 ºC. La caracterización se realizó mediante XRD, medición de la absorbancia para la obtención del band gap y microscopía electrónica de efecto túnel (FE-SEM). Las membranas se usaron como electrodos de trabajo para la obtención de H_2 mediante fotoelectrocatálisis con luz difusa (condiciones de luz del laboratorio) y con luz visible, usando un foco de luz blaca. Se usó en un vaso de precipitado de 100 mL, con tres electrodos: contraelectrodo de carbono, electrodo de referencia de plata/AgCl y electrodo de trabajo de TiO_2/M-C. Se realizaron pruebas potenciostáticas con 0.01, 0.05 y 0.1 M de H_2SO_4 aplicando una corriente de -120 mV

3. RESULTADOS

Los resultados de XRD muestran un material amorfo, aunque logran sobresalir algunos picos, uno de ellos identificado para el carbono grafitico. FESEM corrobora que es un material amorfo, aunque se aprecian formación incipiente de pequeñas esferas nanométricas. La caracterización óptica se realizó midiendo la absorbancia y obteniendo el band Gap utilizando la gráfica de Tauc. Los resultados muestran el band gap en 2.71 eV que indica la sensibilización del TiO_2. Bajo condiciones de operación de 20 ºC 100 mL de solución de H_2SO_4, 0.01, 0.05 y 0.1 M y voltaje potenciostático de -120 mV, la evolución de H_2 fue exitosa con la concentración de H_2SO_4 0.05 M (Figura 1).

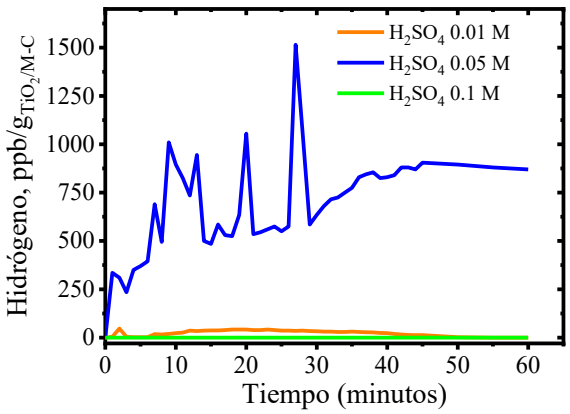


Figura 1. Producción de H_2. mediante fotoelectrocatálisis en medio ácido. T= 20ºC, [H_2SO_4]= 0.1 M, TiO_2/M-C = 0.2 g. Para fotoelectrocatálisis: potencial = 120 mV, Luz visible

Si embargo, mostró picos variables de producción

Arquitecturas híbridas de carbón Vulcan y zeolita LTL-Al para potenciar la electrooxidación de etanol en medio básico

Presentación **Oral**

Miguel Villicaña Aguilera[1,2*], Adriana Medina Ramirez[1], Beatriz Ruiz Camacho[1], Silvia Gutiérrez Granados[2]

[1]Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato, Noria Alta s/n, Guanajuato, Gto., 36050, México.

[2]Departamento de Química, Universidad de Guanajuato, Pueblito de Rocha s/n, Guanajuato 36040, México.

E-mail: m.villicanaaguilera@ugto.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible que funcionan a partir de alcohol (DAFC's) representan una de las tecnologías más prometedoras en el ámbito energético. El etanol es uno de los combustibles más utilizados en estos tipos de dispositivos, debido a su alto poder energético de 1325.31 kJ/mol, alto punto de ebullición y baja toxicidad [1].

El catalizador comercial Pt/C es el más usado en la oxidación de etanol (EOR), sin embargo, este material tiene algunas desventajas: I) altos valores de onset-potential y II) sufre procesos de corrosión-sinterización [2]. Por su parte, las zeolitas son una buena alternativa, debido a sus microporos, configuración de canales y elevada área superficial, que mejoran la dispersión de los sitios activos disponibles [3].

2. METODOLOGÍA

La metodología propuesta en este trabajo para la síntesis de los electrocatalizadores, consistió en tres etapas: I) síntesis de la zeolita LTL-Al, II) incorporación de carbón vulcan XC-72 al soporte zeolítico, e III) incorporación de las nanopartículas de platino.

3. RESULTADOS

El electrocatalizador 10%Pt/CV-(LTL-Al), presentó un valor más bajo de onset-potential (0.15 V/(RHE)) y mayor densidad de corriente para EOR (0.7 mA /cm^2), en comparación con el catalizador 10%Pt/CV, quien tuvo 0.41 V/(RHE) de potencial de inicio y 0.3 mA/cm^2 de densidad de corriente. Lo anterior como consecuencia de la modificación en las propiedades electrónicas del Pt, así como la interacción con el soporte zeolítico.

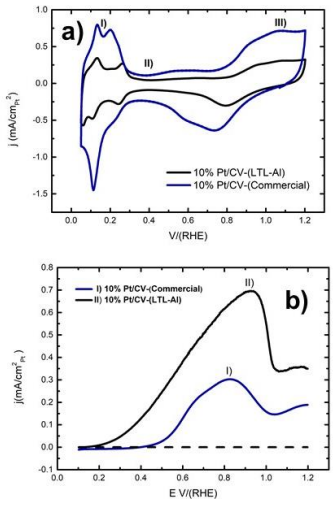


Figura 1. Comparación del desempeño electroquímico del electrocatalizador 10%Pt/CV-(LTL-Al) vs Pt/CV en 0.5 M H_2SO_4 + 0.5 M etanol.

4. CONCLUSIONES

Gracias al mecanismo bifuncional que ocurre entre la zeolita y los sitios de Pt, como consecuencia de los grupos OH^- localizados sobre la superficie de la zeolita, este catalizador presenta una mayor densidad de corriente y menor onset-potential en comparación con el material comercial 10%Pt/CV.

5. REFERENCIAS

[1] S.Bagheri, N.M. Julkapli, S.B. Hamid, The Scientific World Journal, Hindawi Publishing Corporation, 727496 (2014).

[2] S.Tanaka, M. Umeda, H. Ojima, Y.Usui, O.Kimura, I.Uchida. Journal of Power Sources, 152, 34–39, (2005).

[3] L.Wanga, S.Xua, S.Hea, F.Xiaoa Journal Nano Today, 20, 74-83, (2018).

División 7

Conversión y Almacenamiento de Energía (CAE)

Trabajos Carteles

Análisis Electroquímico de PtFe/rGO para la Electro-Oxidación de Metanol en Medio Ácido

Presentación **Poster**

D. Macias Ferrer[1]*, J.A. Melo Banda[1], M. Lam Maldonado[1], U. Páramo García[1], R. Silva Rodrigo[1], J.Y. Verde Gomez[2], P. Del Ángel Vicente[3]

[1]SECIHTI/EPM(1) 2024/CIPS/TecNM/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. Cd. Madero, Tamaulipas, 89440, México.

[2] TecNM/Instituto Tecnológico de Cancún, Cancún, Quintana Roo, 77500, México.

[3]Instituto Mexicano del Petróleo, Ciudad de México 07730,

México E-mail: david.mf@cdmadero.tecnm.mx

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del desarrollo de ánodos eficientes para la electro-oxidación de alcoholes, el diseño de materiales nanoestructurados que actúen como soporte catalítico es fundamental para optimizar el desempeño de las celdas de combustible de intercambio protónico (PEMFC) [1]. En este contexto, el platino (Pt) continúa siendo la fase activa por excelencia; sin embargo, su susceptibilidad al envenenamiento por CO y su elevado costo han impulsado la búsqueda de arquitecturas bimetálicas y soportes con alta conductividad y área superficial. El presente trabajo se centra en la síntesis y evaluación electroquímica de un electrocatalizador bimetálico de PtFe soportado en óxido de grafeno reducido (rGO). La incorporación de hierro (Fe) busca promover un efecto sinérgico y electrónico que facilite la eliminación de especies intermedias adsorbidas, mientras que el rGO proporciona una estructura robusta con propiedades eléctricas superiores para la transferencia de carga. Se realizaron pruebas electroquímicas en la reacción de oxidación de Metanol, evaluando el impacto del soporte rGO en la actividad catalítica y la estabilidad del material frente a catalizadores convencionales.

2. METODOLOGÍA

rGO fue sintetizado por el método de Hummers modificado mientras que PtFe/rGO fue sintetizado mediante impregnación a humedad incipiente usando ácido cítrico y Ar-H2 como atmósfera estática reductora. [2-4]. Los materiales fueron caracterizados mediante fisisorción con N2, XRD, SEM, EDS, HRTEM, VC y CA usando una celda de tres electrodos.

3. RESULTADOS

El análisis de fisisorción con N2 reveló que las eas ABET para GO y PtFe/rGO fueron de 63 m2/g y35 2/g respectivamente, demostrando además que ambos soportes de carbono fueron mesoporosos. Acorde con el análisis XRD, el tamaño de los nanocristales de PtFe/rGO fue de 5.82 nm, mientras que por HRTEM el DPN fue de 2.3 nm. Los datos electroquímicos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros electroquímicos de PtFe/rGO y PtRu/C en el proceso de voltametría cíclica a 20 mV/s, 20 ciclos en 0.5M H_2SO_4 + 1.0M MeOH

Parámetro	PtFe/rGO	PtRu/C
Potencial Onset (V)	0.012	0.094
$j_{max(dir)}$ mA/mg_{Pt}	303	300
$j_{max(inv)}$ mA/mg_{Pt}	165	320
$j_{max(dir)}/ j_{max(inv)}$	1.83	0.71
AGeo (m^2/g)	66.1	34.5
AEA (m^2/g)	20	17.4
% Utilización de Pt	30.3	50.4
Tasa de env. por CO (%/s)	0.0217	0.027(

4. CONCLUSIONES

La mayor actividad electro-catalítica de PtFe/rGC frente a su contraparte comercial se debe principal-mente al efecto sinérgico del Fe para eliminar especies absorbidas logrado por el reducido tamaño de nanopartícula y a su estructura cristalina.

5. REFERENCIAS

[1] E. Antolini, *Applied Catalysis B: Environmental*, **88**, 1, (2009)

[2] Zaaba, N. I., Foo, K. L., Hashim, U., Tan, S. J., Liu, W. W., Voon, C. H., *Procedia Engineering*, **184**, 469-477, (2017).

[3] Chen, J., Yao, B., Li, C., Shi, G., *Carbon*, **64**, 225-229, (2013).

[4] Luo, B., Yan, X., Chen, J., Xu, S., Xue, Q.. *International Journal of Hydrogen Energy*, **38(29)**, 13011-13016, (2013).

Nanoestructuras base Pd empleadas en la reacción de oxidación de ácido fórmico.

Presentación **Poster**

V. A. Medina Rojano[1], M. G. Montes de Oca Yemha[1], M. Romero Romo[1], M. E. Palomar Pardavé[1], C. Ramírez[2].

[1]Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

[2]Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas.

E-mail: vamr@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN.

Se investigó cómo influye el método de síntesis electroquímica conocido como electrodeposición metálica en la preparación de electrodos modificados. Para ello, se electrodepositaron sobre carbono vítreo (un material conductor y químicamente inerte) cinco tipos diferentes: paladio (Pd), plata (Ag), rodio (Rh) y dos combinaciones bimetálicas (PdAg y PdRh).

El proceso de electrodeposición fue bajo condiciones controladas: una diferencia de potencial de -0.28 V, durante 360 segundos y a una temperatura de 70 °C. Como resultado, se obtuvieron cinco arreglos experimentales denominados. GCE/Pd, GCE/Ag, GCE/Rh, GCE/PdAg y GCE/PdRh, donde GCE representa el electrodo de carbono vítreo (*Glassy Carbon Electrode*)[1-2].

2. METODOLOGÍA

Para conocer la morfología, estructura superficial y análisis elemental de estos materiales, se utilizaron dos técnicas de caracterización: Microscopía electrónica de barrido (SEM) y Espectroscopía de energías dispersivas de rayos X (EDX).

Posteriormente, se evaluó su actividad electroquímica mediante dos técnicas complementarias. Voltamperometría cíclica (VC) y Cronoamperometría (CA).

3. RESULTADOS

El análisis se centró en dos aspectos clave: los intervalos de potencial donde ocurren las reacciones, y el comportamiento de la familia de transitorios potenciostáticos (curvas de corriente *vs.* tiempo) obtenidas para cada arreglo, como se muestra en la Figura 1. Esta comparación permitió comprender cómo la composición del electrodepósito metálico modifica la actividad electrocatalítica del electrodo.

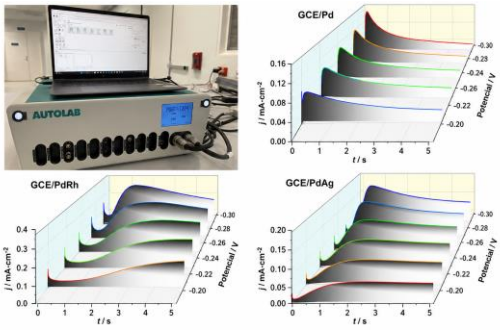


Figura 1. Transitorios potenciostáticos de densidad de corriente registrados a diferentes potenciales, en electrodos de carbono vitreo modificados con Pd, PdAg y PdRh.

4. CONCLUSIONES

Arreglos obtenidos por la síntesis electroquímica fueron caracterizados por las técnicas de SEM-EDX, obteniendo tamaños de aglomerados en promedio de 120 - 130 nm.

Posterior fueron evaluados electroquímicamente mediante CV y CA. El electrocatalizador que presentó mejor actividad fue GCE/PdAg en comparación a sus similares de GCE/Pd y GCE/PdRh.

5. REFERENCIAS

1. Zhang, H., & Wang, Y. (2022). Recent advances in palladium-based catalysts for formic acid oxidation: A comprehensive review. Electrocatalysis, 13(1), 15-29. https://doi.org/10.1007/s12678-022-00678-3
2. Zhao, X., Wu, Y., & Zhang, L. (2023). Recent advances in palladium-based catalysts for formic acid oxidation: A comprehensive review. Applied Catalysis B: Environmental, 336, 120165. https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2023.120165

Evaluación del comportamiento fotovoltaico y de impedancia electroquímica en QDSSC de CdS:Mn

Presentación **Poster**

A. Q. Cerdán Pasarán[1*], S. Lugo Loredo[1], L. Ramos Galicia[2], S. Kozhiparambil Chandran[1], J. A. Hernández Magallanes[1]

[1]Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, Av. Universidad s/n, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N. L., C.P.66455, México

[2]Centro de Investigación en Materiales Avanzados S. C., Unidad Monterrey, Parque de Investigación e Innovación Tecnológica, Av. Alianza Norte 202, Apodaca, N. L., C.P. 66600, México.

E-mail: andrea.cerdanps@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología fotovoltaica ofrece una alternativa sustentable para la generación de energía eléctrica a partir de la luz solar, mitigando la crisis de demanda de energía global y la generación de gases de efecto invernadero, principal causa del cambio climático [1].

Entre los diferentes tipos de celdas solares, las celdas solares sensibilizadas con puntos cuánticos (QDSSC, por sus siglas en inglés) poseen ventajas tales como generación de excitones múltiple (con eficiencia teórica de 44%), brecha de energía prohibida sintonizable con el tamaño de nanopartícula, coeficiente de extinción alto y fotoestabilidad [2].

Las QDSSC con CdS han sido ampliamente estudiadas, sin embargo, su eficiencia aún es limitada, por lo que se ha recurrido al dopado con ciertos elementos para mejorar su eficiencia [3-4]

En este estudio se presenta el análisis del dopado de CdS con Mn obtenido por el método de SILAR (absorción y reacción de la capa iónica sucesiva) variando el número de ciclos y su respuesta fotovoltaica en celdas QDSSC.

2. METODOLOGÍA

Se obtuvieron fotoánodos consistentes de vidrio conductor FTO, con TiO_2 y sensibilizados con CdS y dopados con Mn. Se variaron las capas de SILAR de Mn para evaluar su incorporación en el CdS. El arreglo de la celda se completó con un cátodo de Cu_2S y un electrolito líquido de polisulfuro. Se midió su respuesta fotovoltaica y se realizó espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) para el análisis de la QDSSC.

3. RESULTADOS

Los resultados demostraron que la incorporación de Mn mejoró la respuesta de los parámetros fotovoltaicos de la celda siendo 7 ciclos de Mn en la capa de CdS el óptimo, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros fotovoltaicos de las QDSSC de CdS dopadas con Mn

Ciclos Mn	Voc (V)	Jsc (mA/cm^2)	FF (%)	PCE (%)
0	0.447	4.578	44.47	0.91
3	0.397	4.013	53.35	0.85
5	0.454	5.514	56.92	1.43
7	**0.507**	**5.710**	**50.43**	**1.46**
9	0.488	5.075	37.46	0.93

Un incremento de la resistencia a la recombinación de cargas con el aumento de ciclos de Mn se observó a partir de los resultados de espectroscopía de impedancia.

4. CONCLUSIONES

Se demostró que el dopaje con Mn mejoró las propiedades fotovoltaicas de las QDSSC basadas en CdS. Adicionalmente, mediante EIS, el diagrama de Nyquist y el ajuste con un circuito equivalente, se determinaron los mecanismos de transferencia de carga y las resistencias asociadas del sistema.

5. REFERENCIAS

[1] B. J. V. Ruijven, E. D. Cian, I. S. Wing, *Nature Communications,* **10**, 2762 (2019).

[2] T. S. Ogundeji, G. A. Alamu, O. J. Oyewole, M. J. Johnson, A. O. Olaoye, S. Vyas, M. K. Awodele, O. Adedokun, *Next Materials,* **11**, 101599 (2026).

[3] A. Ganguly, S. S. Nath, *Materials Science Engineering B*, **255**, 114532 (2020).

[4] S. Bhatnagar, S. Khan, M. Saxena, R. Saxen *Chemistry Select*, **8**, e07489 (2026).

Electrodos porosos de zinc elaborados mediante burbujas dinámicas de hidrógeno para su uso en baterías zinc-aire de alto rendimiento

Presentación **Poster**

A.K. Ayala Martínez[1], N. Arjona[2], G. Trejo Cordova[2*]
[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ, Mexico).
[2]Centro de Investigación en Materiales Avanzados - Chihuahua, Física, Mexico.
E-mail: karen.martinez1347@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Las baterías zinc-aire han sido estudiadas como una alternativa prometedora para el almacenamiento de energía debido a su elevada densidad energética, bajo costo y abundancia del zinc [1]. Sin embargo, procesos como la pasivación superficial y la distribución heterogénea de corriente limitan el desempeño del ánodo. Una estrategia para mitigar estos efectos consiste en incrementar el área superficial mediante la obtención de estructuras porosas. El método de electrodeposición mediante burbujas dinámicas hidrógeno (DHBT, por sus siglas en inglés) emplea las burbujas generadas durante la reacción de evolución de hidrógeno (HER) como plantillas dinámicas para formar depósitos metálicos porosos. En este trabajo se estudió la influencia de diferentes aditivos orgánicos sobre la HER y su posible aplicación en la obtención de depósitos porosos de zinc [2].

2. METODOLOGÍA

Diferentes formulaciones de baños electrolíticos de $ZnCl_2$–KCl–H_3BO_3–TEA, modificadas con BDA, PEG 200 y PEG 400 fueron preparados y estudiados electroquímicamente mediante voltamperometría cíclica. A partir de los parámetros cinéticos obtenidos, se elaboraron electrodepósitos porosos de zinc, los cuales fueron analizados fisicoquímicamente a través de SEM, EDS y mapeo elemental. Electroquímicamente se analizaron en semicelda a través de polarizaciones lineales en sentido catódico; en celdas simétricas de Zn vs Zn a través de curvas de Tafel y ciclos de carga/descarga; y en batería mediante espectroscopia de impedancia electroquímica, polarizaciones lineales en sentido catódico y anódico, potenciometrías a densidades de corriente constante y ciclos de carga/descarga.

3. RESULTADOS

Mediante el estudio cinético de las formulaciones empleadas, se moduló correctamente entre la reducción de iones de Zn^{+2} y la HER, tendiendo como resultado la elaboración de un electrodo poroso de Zinc metálico asistido por burbujas dinámicas de hidrógeno. El electrodepósito obtenido, presentó un aumento significativo de HER, a la vez que redujo la pasivación del electrodo de Zinc y extendió el tiempo de ciclaje en celdas simétricas, atribuido al aumento del área electroactiva, comparado con un trozo de Zinc.
Debido a estas mejoras, su desempeño en batería de zinc-aire aumento el tiempo de vida útil, la densidad de potencia máxima, y las condiciones operativas.

4. CONCLUSIONES

Se sintetizó un electrodo poroso de zinc mediante la modulación correcta de reducción de iones de Zn^{+2} y HER. La incorporación del electrodepósito poroso en baterías de zinc-aire impactó benéficamente en las capacidades operativas de la batería al aumentar el tiempo de ciclaje y la capacidad específica del sistema. Presentando un avance tecnológico sustancial en el desarrollo de sistemas baterías zinc-aire de alto desempeño.

5. REFERENCIAS

[1] Elias, J., Parlinska-Wojtan, M., Erni, R., Niederberger, C., Sauvage, F., Thevenin, M., Michler, J., & Philippe, L, *Nano Energy*, ***1*(5)**, 742–750, (2012).

[2] Wang, J., Liang, H., Zhou, L., Yu, X., Li, J., Yan Z., & Liu, X., *Chemical Engineering Science, 3(* (2025).

Compósitos novedosos basados en NiFe-LDH/Carbón mineral activado para supercapacitores asimétricos.

Presentación **Poster**

G. De León-Rodríguez[1], F.J. Rodríguez-Varela[1], I.L. Alonso-Lemus[2*]

[1]Cinvestav Saltillo. Grupo de Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía (SRNyE). Av. Industria Metalúrgica 1062.Parque Industrial Ramos Arizpe. Ramos Arizpe, Coahuila, México. C.P. 25900

[2] Secihti-Cinvestav Saltillo. Grupo de SRNyE. Ramos Arizpe, Coahuila, México. C.P. 25900

E-mail: gonzalodleonrdz@cinvestav.mx, ivonne.alonso@cinvestav.mx

1. INTRODUCCIÓN

La transición hacia sistemas de energía sostenibles requiere tecnologías de almacenamiento capaces de compensar la intermitencia de fuentes renovables. En este contexto, los supercapacitores asimétricos representan una alternativa prometedora debido a su alta densidad de potencia, rápida carga-descarga y larga vida útil [1,2]. La combinación de hidróxidos dobles laminares de NiFe (NiFe-LDH) con carbón mineral activado bajo atmósfera de N_2 (CMA–N_2) busca integrar la actividad pseudocapacitiva del LDH con la conductividad y estabilidad de una matriz carbonosa. Adicionalmente, esta estrategia promueve el aprovechamiento sustentable del carbón mineral de Coahuila como precursor de materiales avanzados para almacenamiento de energía. En este trabajo se evalúan NiFe-LDH, CMA–N_2 y compósitos NiFe-LDH/CMA–N_2 en relaciones 1:1 y 1:2 para su aplicación en supercapacitores asimétricos.

2. METODOLOGÍA

El carbón mineral (CM) se activó químicamente con KOH a 750 °C bajo N_2 para obtener CMA–N_2. Los compósitos NiFe-LDH/CMA–N_2 se sintetizaron mediante crecimiento hidrotermal del LDH (120 °C, 12 h) incorporando el CMA-N2 *in situ* en relaciones 1:1 y 1:2 en peso. Los materiales fueron caracterizados fisicoquímica y electroquímicamente. El desempeño de las celdas asimétricas se evaluó por CV, GCD y EIS.

3. RESULTADOS

En la evaluación de media celda, el CMA–N_2 alcanzó una capacitancia específica de 202.82 F g^{-1}, superior al NiFe-LDH (106.79 F g^{-1}). Los compósitos NiFe-LDH/CMA–N_2 mostraron un desempeño dependiente de la composición, obteniendo 35.29 y 124.45 F g^{-1} para las relaciones 1:1 y 1:2, respectivamente.

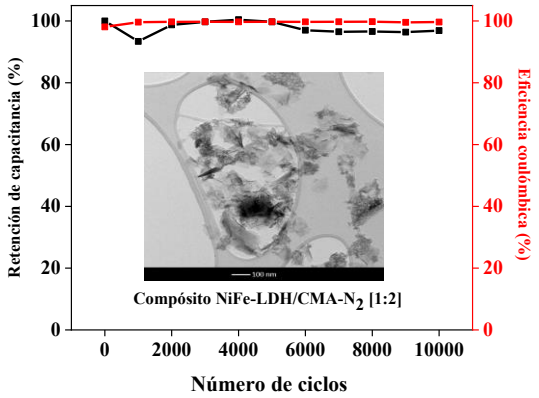


Figura 1. Desempeño cíclico y morfología del supercapacitor asimétrico: CMA–N_2 (−) // NiFe-LDH/CMA–N_2 (1:2) (+).

4. CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que la incorporación de CMA–N_2 mejora significativamente el desempeño electroquímico de los compósitos NiFe-LDH/CMA–N_2. El dispositivo asimétrico basado en CMA–N_2 y NiFe-LDH/CMA–N_2 (1:2) exhibió alta estabilidad, evidenciando el potencial del uso sustentable del carbón mineral de Coahuila como precursor de materiales avanzados para supercapacitores.

5. REFERENCIAS

[1] P. Simon and Y. Gogotsi, *Nature Materials*, 7, 845, (2008).

[2] Y. Shao, *et al*. *Chemical Reviews*, 118, 9233, (2018).

[3] F. Wang, *et al. Scientific Reports*, 8, 8908, (2018).

Nanomateriales electrocatalíticos aplicados a la oxidación de moléculas orgánicas para la generación de energía.

Presentación **Poster**

V. A. Medina Rojano[1], M. G. Montes de Oca Yemha[1], M. Romero Romo[1], M. E. Palomar Pardavé[1], J. I. Anguiano Lizaola[2].

[1]Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Ciudad de México.

[2]Universidad Politécnica de Baja California, Mexicali, Baja California.

E-mail: vamr@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN.

El incremento sostenido de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), junto con la acumulación de contaminantes orgánicos derivados de actividades industriales y energéticas, constituye una de las principales problemáticas ambientales a escala global. Estas emisiones contribuyen de manera significativa al cambio climático y al deterioro de los ecosistemas, generando impactos adversos en la salud humana, la biodiversidad y la calidad de vida. En este contexto, el desarrollo de tecnologías electroquímicas avanzadas emerge como una estrategia prometedora para la mitigación del CO_2 y el aprovechamiento energético de moléculas orgánicas, permitiendo simultáneamente la reducción de contaminantes y la generación de energía de manera eficiente y sostenible[1-3].

2. METODOLOGÍA.

Las actividades incluyen la síntesis controlada de nanomateriales de Pd, considerando variaciones en la morfología, el tamaño de partícula y la composición superficial, mediante métodos químicos en fase húmeda y técnicas de reducción controlada. Posteriormente, los materiales obtenidos fueron sometidos a caracterización fisicoquímica empleando técnicas como microscopía electrónica de barrido (SEM), difracción de rayos X (XRD) y espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (XPS), con el objetivo de correlacionar las propiedades estructurales y superficiales con su comportamiento electroquímico.

3. RESULTADOS

El análisis se centró en los aspectos orientados al diseño, síntesis, caracterización y evaluación de nanomateriales de Pd obtenidos en la Figura 1 se muestra la secuencia de actividades realizadas permitiendo comprender cómo la composición metálica modifica la actividad electrocatalítica del electrocatalizador.

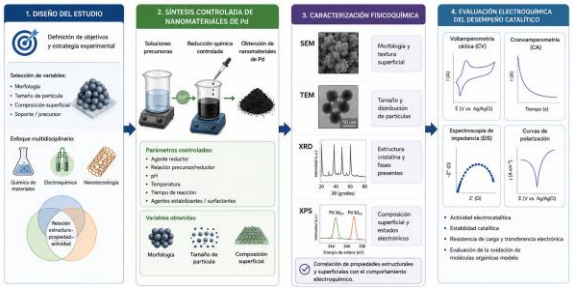


Figura 1. La estrategia empleada enfoque experimental, orientado al diseño, síntesis, caracterización y evaluación de nanomateriales de Pd.

4. CONCLUSIONES

Los arreglos obtenidos por la síntesis empleada fueron caracterizados y evaluados electroquímicamente mediante CV y CA. El electrocatalizador que presentó mejor actividad fue PdAg en comparación a sus similares de Pd y PdRh.

5. REFERENCIAS

1. Barbir, F. (2013). PEM Fuel Cells: Theory and Practice (2ª ed.). Elsevier.ç
2. International Energy Agency. (2024). World Energy Outlook 2024. https://www.iea.org
3. United Nations Environment Programme. (2023). Global Environmental Outlook 7. UNEP.

Análisis por espectroscopia de impedancia electroquímica de la espinela de $LiMn_2O_4$ co-dopada con Al y Nb como cátodo en baterías de ion-Li

Presentación **Poster**

L. A. Solis Balderas[1], A. Romero Contreras[1], S. M. de la Parra Arciniega[1*], E. Sánchez Cervantes[1]

[1]Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, Laboratorio de Materiales para el Almacenamiento y Conversión de Energía. San Nicolás de los Garza, N.L. 66451, México.

E-mail: salomedelaparra@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La espinela de óxido de litio y manganeso $LiMn_2O_4$ es empleada como un material catódico para baterías de ion litio por la abundancia de sus materiales, es amigable con el medio ambiente, su bajo costo de elaboración y su alto potencial (4.1 vs. Li/Li^+) [1]. A pesar de que tiene una capacidad teórica de 148 mAh g^{-1}, aspectos como la disolución de Mn en el electrolito puede conducir a la disminución del contenido del Mn^{3+} activo e incrementar la impedancia de la celda. El efecto Jahn-Teller es el cambio de un arreglo cúbico a uno tetragonal que resulta en un daño estructural, que bloquea los canales de transporte del ion Li^+. Una opción para minimizar la disminución de la capacidad del $LiMn_2O_4$ es a través de un dopaje iónico a nivel volumétrico ya que mejora la estabilidad y el desempeño electroquímico. [2] En este trabajo se reporta el co-dopaje de la espinela con Al y Nb.

2. METODOLOGÍA

Los materiales se prepararon por el método Pechini modificado, todos los precursores fueron nitratos, excepto el precursor de niobio que fue un óxido hidratado. El xerogel de cada muestra se precalcinó a 400 °C/4 h y la calcinación se realizó a 850 °C/12 h. Con este material activo 84%, carbón conductor SP 8% y PTFE 8%, se prepararon los cátodos y se ensamblaron celdas tipo botón 2032.

3. RESULTADOS

En la Figura 1, la curva verde representa la muestra $LiAl_{0.09}Nb_{0.01}Mn_{1.9}O_4$, muestra el semicírculo con el diámetro más pequeño en la zona de frecuencias medianas y cae rápidamente hacia la línea inclinada de difusión, esto significa que la composición con co-dopaje de Al (0.09) y Nb (0.01) reduce la resistencia a la transferencia de carga R2. La transferencia electrónica en la superficie y la inserción/extracción inicial de Li^+ ocurren de manera mucho más veloz y eficiente que en las otras dos muestras. Es el electrodo con mejor cinética electroquímica superficial de los evaluados en este trabajo.

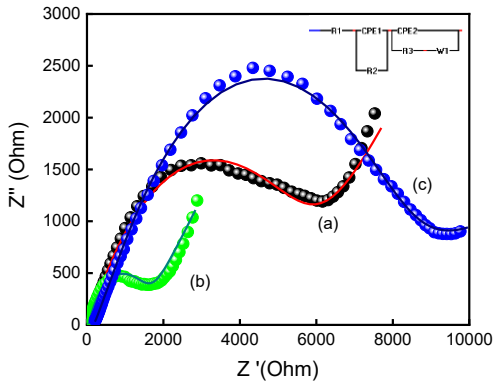


Fig. 1. Diagramas de Nyquist para los materiales catódicos: a) $LiMn_2O_4$, b) $LiAl_{0.09}Nb_{0.01}Mn_{1.9}O_4$, y c) $LiAl_{0.08}Nb_{0.02}Mn_{1.9}O_4$.

4. CONCLUSIONES

El material con Al (0.09) proporcionó estabilidad estructural y Nb (0.01) permitió una menor resistencia interna, mejor trasporte iónico y la cinética de carga/descarga más eficiente.

5. REFERENCIAS

[1] A.-H. Marincas and P. Ilea, *Coatings*, **11**, 456 (2021).

[2] Z. Yang, Y. Wang, X. Chen, H. Wu, and Y. Zhang, *Chemistry Select*, **4**, 9583, (2019).

Síntesis y caracterización electroquímica de $BiVO_4$ /WO_3 para aplicaciones en celdas solares de perovskitas.

Presentación **Poster**

A.A. Ávila-López[1], H. I. Pérez-Elías[2], J.A. Díaz-Real[2], J.C. Cruz-Argüello[1*]

[1]Tecnológico Nacional de México/I.T. de Chetumal. División de posgrados. Av. Insurgentes 330, 77013, Chetumal Q. Roo.

[2]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C. Parque Tecnológico Querétaro s/n San Fandila, Pedro Escobedo 76703 Querétaro México.

E-mail: julio.ca@chetumal.tecnm.mx

1. INTRODUCCIÓN.

Las celdas solares de perovskita (PSC) son parte de la tercera generación de celdas solares y tienen propiedades como una banda prohibida ajustable y bajo costo de producción, lo que las vuelve una tecnología atractiva para uso a gran escala [1]. Las PSC son muy sensibles a los cambios de temperatura y a la humedad natural, por lo que se busca mejorar su estabilidad ante estas condiciones [2]. La función de capa transportadora de electrones (ETL) es el transporte de los electrones fotogenerados al electrodo metálico y a su vez sirve como un mecanismo de bloqueo para la recombinación del par electrón-hueco en la interfaz de dicha capa con la perovskita. El presente trabajo expone las propiedades de una PSC en la cual tenga una heterounión de una perovskita con propiedades hidrofóbicas ($BiVO_4$) con una película de WO_3 la cual servirá como su ETL

2. METODOLOGÍA

Para la síntesis de la heterounión $BiVO_4$/WO_3, se utilizaron las técnicas combinadas de deposición por rocío pirolítico, electrodeposición y deposición por goteo.

3. RESULTADOS

En la fig. 1 se muestra el difractograma de rayos X de los componentes del fotoelectrodo: a) El vidrio conductor (FTO), b) una película delgada de WO_3, c) una película delgada de $BiVO_4$ y d) la heterounión de $BiVO_4$/WO_3.

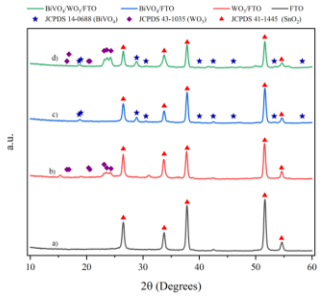


Imagen 1. Difractograma de rayos X de: a) FTO, b) WO_3, c) $BiVO_4$ y d) $BiVO_4$ /WO_3.

4. CONCLUSIONES

Los picos de difracción concuerdan con las fases monoclínicas del WO_3 y del $BiVO_4$ según las cartas cristalográficas mencionadas en la fig. 1. Los tamaños de grano que se calcularon concuerdan con los establecidos para síntesis con tratamientos térmicos > 400 °C y son elementos capaces de promover la separación del par electrón-hueco (perovskita) y el transporte de electrones fotogenerados (ETL).

5. REFERENCIAS

[1] B. M. Rajbongshi and A. Verma, “Emerging nanotechnology for third generation photovoltaic cells,” in *Nanotechnology: Applications in Energy, Drug and Food*, Springer International Publishing, 2019, p. 99.

[2] E. B. Kim, M. S. Akhtar, H. S. Shin, S. Ameen, and M. K. Nazeeruddin, “A review on two-dimensional (2D) and 2D-3D multidimensional perovskite solar cells: Perovskites structures, stability, and photovoltaic performances,” Sep. 01, 2021, *Elsevier B.V.*

Actividad electrocatalítica de materiales base Pd para la oxidación de metanol en medio básico e impacto del área electroactiva

Presentación: **Póster**

H. Domínguez Arroyo[1], V.A. Medina Rojano[1], M.G. Montes De Oca Yemha[1]*, M. Romero Romo[1], M.E. Palomar Pardave[1].

[1]Área Electroquímica e Ingeniería de Materiales, Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

E-mail: mgmy@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de desarrollar tecnologías energéticas sostenibles, las celdas de combustible de metanol directo (DMFC) han cobrado gran interés. Sin embargo, el desarrollo de electrocatalizadores base paladio (Pd), la correcta determinación del área electroactiva (A_{EA}), sigue siendo un reto metodológico crítico en la electroquímica analítica [1-2]. En este trabajo se realiza un análisis comparativo y crítico de tres métodos de normalización del área (geométrica, reducción de óxido de Pd y stripping de CO) y su impacto directo en el cálculo de las densidades de corriente para la reacción de oxidación de metanol (ROM) sobre catalizadores mono- y bimetálicos de Pd-Ag y Pd-Rh.

2. METODOLOGÍA

Los electrocatalizadores mono- y bimetálicos de Pd-Ag y Pd-Rh, fueron sintetizados mediante el método de impregnación química sobre carbón Vulcan XC-72R. Los materiales fueron caracterizados estructural y morfológicamente mediante difracción de rayos X (XRD) y microscopía electrónica de barrido (SEM-EDX). La evaluación electroquímica se llevó a cabo en medio básico (0.1 M KOH + 1.0 M metanol) mediante voltamperometría cíclica (VC) y cronoamperometría (CA). Se realizaron perfiles de stripping de CO y barridos en la zona de formación/reducción de óxidos para realizar el cálculo comparativo de las diferentes AEA.

3. RESULTADOS

Los resultados revelan que la elección del método de cuantificación del área modifica los valores de densidad de corriente para la oxidación de metanol. Como se muestra en la Tabla 1, RhPd/CV presentó la mayor AEA y la mayor actividad a −0.14 V, mientras que Pd/CV y AgPd/CV exhibieron menores valores, evidenciando la importancia de normalizar respecto al área electroactiva.

Tabla 1. Desempeño electroquímico y parámetros de área de los electrocatalizadores base Pd.

Muestra	A_{EA} (CO) / cm^2	j_{pico} / mA cm^{-2}	j_a -0.14 V / mA cm^{-2}
Pd/CV	0.799	0.569	0.0221
AgPd/CV	0.820	0.104	0.0227
RhPd/CV	15.6	0.191	0.0730

4. CONCLUSIONES

La comparación presentada en la Tabla 1 demuestra que la normalización mediante el área electroactiva constituye una estrategia más confiable que el uso del área geométrica para evaluar la actividad catalítica intrínseca de electrocatalizadores base Pd destinados a la oxidación de metanol.

5. REFERENCIAS

[1] R. Palanisamy, B. Muruganantham, S. Rajasekaran, B. D. Babu, R. Ramkumar, A. A. Marthanda, and S. B. Mohan, Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, 13(2), 774–780, (2024).

[2] Y. Zhu, Y. Kang, Z. Zou, Q. Zhou, J. Zheng, B. Xia, and H. Yang, Fuel Cells Bulletin, 2008(7), 12–15, (2008).

Sintetizando MXeno ($Ti_3C_2T_x$) a la carta: efecto de NH_4F, HCl y LiCl sobre sus propiedades electroquímicas en supercapacitores simétricos.

Presentación **Póster**

E.A. Quintanilla-Serrano[1*], P. Acevedo-Peña[2], E. Reguera[1]

[1] IPN. LNCAE. CICATA unidad Legaria. Ciudad de México, México.

[2] SECIHTI-IPN. LNCAE. CICATA unidad Legaria. Ciudad de México, México.

E-mail: arturimoral@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN.

Los supercapacitores son dispositivos estratégicos para almacenamiento de energía de alta potencia [1]. Entre sus materiales para electrodos, los MXenos (carburos y nitruros laminares de metales de transición) destacan por su alta conductividad y química superficial modulable [2]. Sin embargo, su desempeño electroquímico depende críticamente de las condiciones de síntesis, que determinan la distancia interlaminar, los defectos y los grupos terminales (O, OH, F) [3]. El grabado selectivo de la fase MAX con NH_4F/HCl y la posterior deslaminación con LiCl son etapas clave, pero rara vez se estudian de forma sistemática y conjunta. Este trabajo aborda esa carencia investigando el efecto de las concentraciones de NH_4F, HCl y LiCl en la síntesis de $Ti_3C_2T_x$, correlacionando los cambios estructurales y morfológicos con el comportamiento electroquímico evaluado en semicelda y en celda completa.

2. METODOLOGÍA

Los MXenos se obtuvieron mediante grabado selectivo de la fase MAX (Ti_3AlC_2) con ácido fluorhídrico generado *in situ* a partir de NH_4F y HCl en diferentes concentraciones. Posteriormente, se aplicó la deslaminación con LiCl (0.5, 1.25 y 2 M) para separar las multicapas y obtener láminas individuales. El material resultante se caracterizó estructural y fisicoquímicamente y se evaluó electroquímicamente por voltamperometría cíclica y cronopotenciometría.

3. RESULTADOS

La evaluación electroquímica en semicelda identificó al material sintetizado con 3 M NH_4F, 3 M HCl y 1.25 M LiCl (denominado MX 331) como el de mejor desempeño, mostrando la mayor capacitancia específica, estabilidad y *rate capability* entre todos los sintetizados. La Figura 1A compara la *rate capability* en semicelda de todos los materiales, donde MX 331 mantiene valores superiores a altas corrientes específicas. Al ensamblarlo en celda completa simétrica (Figura 1B), MX 331 también superó a los demás, conservando su alta capacitancia y eficiencia de carga/descarga a diferentes corrientes específicas, lo que confirma su superioridad.

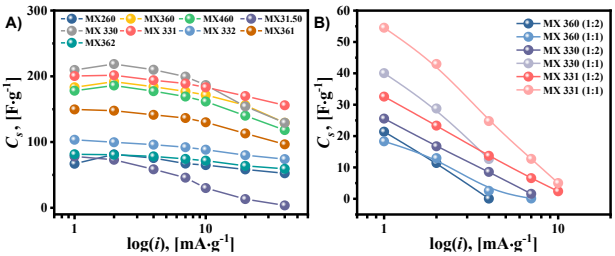


Figura 1. (A) Rate capability en semicelda para todos los materiales sintetizados (B) Rate capability en celda completa para los mejores materiales.

4. CONCLUSIONES

Las concentraciones de NH_4F, HCl y LiCl durante la síntesis modulan críticamente la estructura y el rendimiento electroquímico de los MXenos. El control conjunto de estos parámetros permitió obtener un material (MX 331) con excelente capacitancia y estabilidad, lo que demuestra su viabilidad como electrodo para supercapacitores simétricos de alta potencia.

5. REFERENCIAS

[1] A. Mendhe et al., *Coordination Chem. Reviews*, **550**, 1, (2026).

[2] M. Downes et al., *Nature Protocols*, **19**, 1, (2024)

[3] M. Alhabeb et al., *Chem. Of Mater.*, **29**, 1, (2017).

Influencia del área superficial de matrices carbonosas en la conversión del azufre en cátodos para baterías litio-azufre

Presentación **Poster**

A. R. Espinosa-Franco[1], L. García-Valle[1], Ignacio González[1], Gregorio Guzman-González[1]

[1] Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

E-mail: gguzmang@izt.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las baterías litio-azufre (Li–S) ofrecen elevada capacidad y densidad energética, pero su aplicación se limita por la baja conductividad electrónica del S_8 y Li_2S, que dificulta el aprovechamiento del material activo. Las matrices carbonosas pueden formar redes conductoras, mejorar el contacto eléctrico y favorecer la conversión electroquímica; sin embargo, muchas alternativas requieren síntesis complejas o materiales costosos.

En este trabajo se evaluó Ketjen Black (KB), un carbono de alta porosidad y área superficial aproximada de 1400 $m^2\ g^{-1}$ [1], como matriz hospedadora de azufre mediante una ruta simple y escalable. Su desempeño se comparó con Carbon Super P (CSP) preparado por el método de deposición química descrito en la literatura [2].

2. METODOLOGÍA

La infiltración de azufre elemental (S_8) en la matriz de Ketjen Black (KB) se realizó mediante el método de fundido, empleando una proporción en peso de 70:30 (S_8:KB). Como material de referencia, se utilizó una matriz hospedadora basada en Carbón Super P (CSP), sintetizada mediante el método de deposición química reportado. Posteriormente, los electrodos se prepararon utilizando una composición en peso de 80:10:10 correspondiente a material activo, aglomerante y aditivo conductor, respectivamente.

3. RESULTADOS

La evaluación de la capacidad específica en función de la velocidad de carga-descarga muestra diferencias significativas entre los cátodos basados en Ketjen Black y Carbon Super P (Figura 1). En bajas velocidades (0.05–0.1 C), ambos materiales presentan capacidades elevadas debido a una utilización eficiente del azufre. Sin embargo, al incrementar la velocidad (0.5 y 1C), el electrodo con Ketjen Black conserva una mayor capacidad, evidenciando una mejor cinética electroquímica. Este comportamiento se atribuye a una mayor área superficial y estructura altamente ramificada, que favorecen una distribución homogénea del azufre y una utilización más eficiente del S_8 y el Li_2S. En contraste, el electrodo basado en Carbon Super P presenta una caída de capacidad más pronunciada a altas velocidades, indicando mayores limitaciones de transporte de carga y masa.

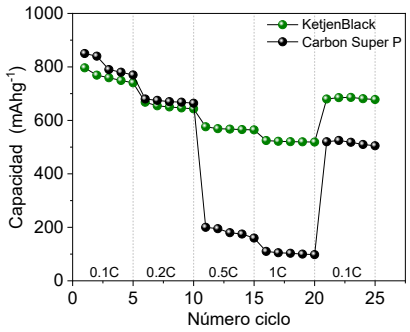


Figura 1. Capacidad de descarga de los cátodos S/KB y S/CSP a diferentes velocidades de carga-descarga entre 1.7 y 2.7 V vs. Li^+/Li.

4. CONCLUSIONES

Los resultados indican que el área superficial y la arquitectura de la matriz carbonosa influyen en la respuesta a altas velocidades. El cátodo S/KB mantuvo y recuperó mayor capacidad que S/CSP, lo que evidencia una utilización más eficiente del material activo y menores limitaciones cinéticas. La infiltración por fusión en KB constituye una estrategia sencilla y potencialmente escalable para cátodos Li–S.

5. REFERENCIAS

[1] Nouryon, *Ketjenblack EC-600JD: Electroconductive carbon black*, hoja de datos del producto, Nouryon, (2021).

[2] Y.-S. Su, A. Manthiram, *Electrochimica Acta*, **77**, 272, (2012).

Oxidación de ácido fórmico por medio de nanopartículas mono- y polimetálicas base paladio (Pd, PdCu, PdNi y PdCuNi)

Presentación **Poster**

N.M. Frías-Ierán[1], M.G. Montes de Oca-Yemha[1], A. Rubio-Ponce[2*]

[1]Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales Av. San Pablo 420col. Nueva el Rosario, Alcaldía Azcapotzalco C.P. 02128, CDMX.

[21]Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Ciencias Básicas e Ingeniería Av. San Pablo 420col. Nueva el Rosario, Alcaldía Azcapotzalco C.P. 02128, CDMX.

E-mail: al2191801539@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la alta demanda energética y la alta contaminación producida por los combustibles, es necesario el desarrollo de energías renovables [1]. Las celdas de combustible son una fuente de energía renovable. En especial la celda de ácido fórmico (DFAFC) ha generado mucha atención debido a que el ácido fórmico (AF) es un líquido no inflamable, es no tóxico y tiene una alta densidad energética (170 Wh kg^{-1}) [2]. Sin embargo, el paladio es un metal de alto costo por lo que es necesaria la reducción de carga en el electrocatalizador. Generalmente la aleación de otros metales con el Pd suele mejorar su actividad electrocatalítica. Por otro lado, los nanomateriales como el óxido de grafeno reducido (rOG), los nanotubos de carbono y el Carbon Vulcan XC72R (CV) se utilizan comúnmente para soportar al Pd y a sus aleaciones [3].

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron electrocatalizadores base Pd con cobre (Cu) y níquel (Ni) por el método de impregnación-reducción por medio de 4 etapas. En la primera etapa se suspenden los soportes CV y rOG en agua desionizada. Posteriormente, en la segunda etapa la adición de los metales (Pd, Cu o Ni) y ajuste de pH 5. En la siguiente etapa, se añade el agente reductor ($NaBH_4$). Por último, se filtra y se deja secando a 80 °C por 8 h.

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran las densidades de corriente en estado estacionario (j_{ss}) para los electrocatalizadores base paladio con diferentes soportes.

Muestra	j_{ss} (0.2 V) /mA cm^{-2}	j_{ss} (0.4 V) / cm^{-2}
Pd comercial	0.012	0.012
Pd m/CV	0.172	0.161
Pd m/OG	0.095	0.053
PdCu/CV	0.054	0.153
PdCu/OG	0.021	0.016
PdNi/CV	0.215	0.122
PdNi/OG	0.138	0.114
PdCuNi/CV	0.005	0.002
PdCuNi/OG	0.127	0.131

Tabla 1. Electrocatalizadores base Pd y en los soportes CV y rGO.

4. CONCLUSIONES

El electrocatalizador con mejor actividad en j_{ss} con un potencial de 0.2 V fue PdNi/CV y en el caso de 0.4 V PdCu/CV. Adicionalmente, el mejor soporte para los electrocatalizadores fue el CarbonVulcan.

5. REFERENCIAS

[1] Y. Hu, Y. Liu, Y. Min, Q. Xu, K. Jiang y Q. Li, Ir J. Hydrogen Energy, 118, 217 (2025).

[2] H. Wang, C. Xi, H. Yin y Y. Ding, J. Alloys Compc 1003, 175550 (2024).

[3] B. Yang, W. Zhang, S. Hu, C. Liu, X. Wang, Y. Fa y W. Chen, J. Colloid Interface Sci., 600, 503 (2021).

Estudio con Teoría Funcional de la Densidad (DFT) de la reacción de reducción de oxígeno sobre Pd.

Presentación **Poster**

N.M. Frías-Ierán[1], A. Rubio-Ponce[1], M.G. Montes de Oca-Yemha[2*],
[1]Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales Av. San Pablo 420 Col. Nueva el Rosario, Alcaldía Azcapotzalco C.P. 02128, CDMX.
[2]Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Ciencias Básicas e Ingeniería Av. San Pablo 420col. Nueva el Rosario, Alcaldía Azcapotzalco C.P. 02128, CDMX.
E-mail: al2191801539@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las nanopartículas (NPs) base paladio (Pd) han adquirido un mucho interés debido a su alto rendimiento al electrocatalizar la reacción de reducción de O_2 (ORR). Sin embargo, el Pd es un metal escaso por lo que reducir su carga es necesario con la adición de otros metales más asequibles [1]. Sin embargo, el diseño de electrocatalizadores es necesario para la reducción de la cantidad de residuos y de experimentos a realizar. Para superar estas limitaciones las simulaciones computacionales han surgido como herramientas de ayuda. Entre las herramientas más destacada es la teoría funcional de la densidad (DFT). La DFT proporciona información sobre la estructura electrónica y la energía de las reacciones [2].

2. METODOLOGÍA

Se modelaron las superficies de Pd por medio de DFT usando como software WIEN2k. Con una malla de puntos de kgen15x15x1 para las superceldas, temperatura de 25 °C, RMT 2.3. Aunado a eso, se obtuvieron las propiedades electrónicas de cada plano.

3. RESULTADOS

Se muestra en la Figura 1 la superficie de Pd en el plano (100). Para cada plano se determinó la cantidad necesaria para que el sistema alcanzara la mínima energía. Las evaluaciones son de 5-15 capas.

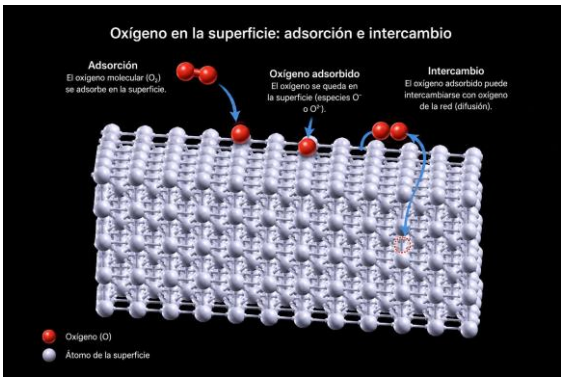


Figura 1. Superficie del Pd (100)

4. CONCLUSIONES

Las superficies de Pd en los planos (100) adsorben de diferente manera en comparación con otros planos cristalográficos. En consecuencia, Pd (100) presenta una mejor adsorción.

5. REFERENCIAS

[1] M. G. Hosseini, F. Hosseinzadeh, P. Zardari y M. Darbandi, *Int. J. Hydrogen Energy*, **46**, 28513 (2021).

[2] Q. Zhang, Y. Pan, S. Yang y X. Zhao, *Int. J. Hydrogen Energy*, **236**, 155014 (2026).

Modulación del desempeño de batería de $NaTi_2(PO_4)_3$||PBA empleando un electrolito superconcentrado (WiSE) de iones sodio

Presentación **Poster**

J.X. Vera Peña[1], P. Acevedo Peña[2*], L.V. Aguilar-Vargas[1], M. González Montiel[1], E. Reguera Ruiz[1]

[1]Instituto Politécnico Nacional. Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía. CICATA unidad Legaria. Ciudad de México, México.

[2]SECIHTI-Instituto Politécnico Nacional. Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía. CICATA unidad Legaria. Ciudad de México, México.

E-mail: jverap2600@alumno.ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

El uso de electrolitos superconcentrados, también denominados WiSE (Water in Salt Electrolytes) por sus siglas en inglés, es una alternativa de bajo costo, segura y sostenible para el desarrollo de baterías acuosas de iones, ya que emplea sales económicas, de baja toxicidad, nula volatilidad e inflamabilidad [1]. Este tipo de electrolito permite controlar la esfera de solvatación del ión a causa del dominio de las interacciones ion-ion, a comparación de un sistema diluido donde predominan las interacciones ion-agua. De esta manera, se amplía la ventana electroquímica (~3 V) al evitar la descomposición del agua, lo que favorece el transporte eficiente del ión. Así, en el presente trabajo se evaluará la naturaleza de la sal de sodio (acetato y/o perclorato) sobre el desempeño electroquímico de una batería conformada por un hexacianoferrato de alta entropía (HE-HCF) de Mn, Co, Cu, Ni, Zn; y $NaTi_2(PO_4)_3$ (NTP) como electrodo negativo, con el fin de mejorar la estabilidad del ciclado y el rendimiento del dispositivo.

2. METODOLOGÍA

Se evaluó el desempeño electroquímico de una batería con hexacianoferrato de alta entropía como electrodo positivo y NTP como electrodo negativo, ensamblada en una celda Swagelok, en presencia de dos electrolitos acuosos superconcentrados: acetato de sodio (NaAC) y/o perclorato de sodio (NaPC). La caracterización electroquímica incluyó el estudio en celda de 3 electrodos para evaluar el efecto del electrolito en cada uno de los materiales por separado, asimismo, curvas de carga y descarga galvanostática (GCD) para determinar la capacidad específica, estabilidad de ciclado y capacidad de retención del dispositivo.

3. RESULTADOS

El uso de acetato de sodio como electrolito superconcentrado tuvo influencia en la estabilidad del ciclado del dispositivo para el almacenamiento electroquímico de sodio, debido a la ampliación de la ventana de estabilidad electroquímica (ver Figura 1). Lo anterior, se debe a la fuerte interacción de puentes de hidrógeno entre el acetato y el agua, e inhibición de la evolución de H_2 y O_2. De esta manera, se ven favorecidos tanto la libre movilidad iónica como el desempeño de la batería.

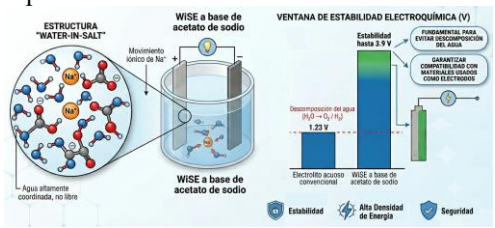


Figura 1. Ventajas del uso de acetatos como WiSE en baterías acuosas.

4. CONCLUSIONES

Se demostró que el uso de electrolitos superconcentrados (WiSE) permite ampliar la ventana de potencial para el almacenamiento electroquímico de sodio (ESW: NaPC~2.8 V, NaAC~2.2 V), empleando HE-HCF como electrodo positivo. El acetato de sodio mejoró la estabilidad del ciclado y la capacidad específica del dispositivo, por lo que resulta una opción atractiva desde los puntos de vista ambiental, económico y de eficiencia.

5. REFERENCIAS

[1] D. Gomez-Vazquez, et al., *Journal of the American Chemical Society*, **147**, 35953, (2025).

Nanopartículas bimetálicas de PdAg obtenidas a partir de reline como electrocatalizadores para la oxidación electroquímica de metanol y etanol

Presentación **Poster**

L. Juárez-Marmolejo[1*], A. Ezeta-Mejía[1], M. A. Soto-Mendoza[1], M.E. Palomar-Pardavé[2]

[1] Instituto Politécnico Nacional, UPIEM-ESIQIE, Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, CDMX, México.

[2] Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Departamento de Materiales, CDMX, México.

E-mail: juamarlet12@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible de alcohol directo son una tecnología prometedora para la generación de energía limpia [1-2]. Para conseguir un buen desempeño es necesario diseñar electrocatalizadores de Pd eficientes [3]. En el presente trabajo, nanopartículas PdAg fueron electrodepósitadas utilizando un disolvente eutéctico profundo (DES) las cuales fueron evaluadas en la reacción de oxidación de etanol y metanol en medio básico.

2. METODOLOGÍA

Nanopartículas (NPs) de PdAg fueron sintetizadas a partir del método de electrodeposición usando un DES, basado en una mezcla de cloruro de colina y urea en una relación molar 1:2, la temperatura de trabajo fue 70 °C, las nanopartículas obtenidas fueron electrodepositadas a -500 mV para evaluar su desempeño frente a las reacciones de oxidación de etanol y metanol.

3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra los voltamperogramas cíclicos de NPs de PdAg evaluadas en las reacciones de oxidación de etanol y metanol en medio básico. La respuesta muestra que la oxidación de etanol exhibe una mejor actividad másica con respecto a la oxidación de metanol. Adicional, el inserto de la Figura muestra la micrografía de las nanopartículas de PdAg sobre una superficie de carbono vitreo, se evidencia una morfología de tipo clúster y un diámetro de aglomerado de 128 nm. La actividad másica alcanzada en la oxidación de etanol es 547 $mAmg_{Pd}^{-1}$, con respecto en la oxidación de metanol 125 $mAmg_{Pd}^{-1}$, lo que sugiere que en la oxidación de etanol hay una mayor cantidad de moléculas electroquímicamente consumidas por el electrocatalizador.

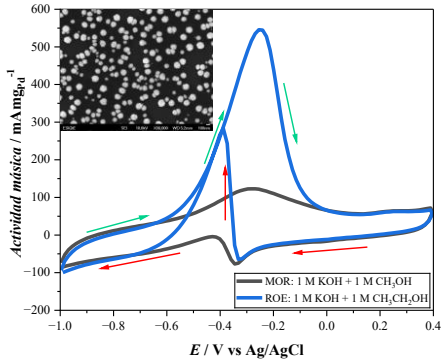


Figura 1. Voltamperogramas cíclicos experimentales: oxidación de metanol (línea negra), oxidación de etanol (línea azul), υ = 100 mVs^{-1} de las NPs de PdAg electrodepositadas. El inserto corresponde a la micrografía de las NPs de PdAg al potencial aplicado de -500 mV.

4. CONCLUSIONES

La morfología de las NPs de PdAg fue de tipo clúster obteniendo un tamaño de aglomerado de 128 nm. En términos de la evaluación de las reacciones de oxidación de etanol y metanol, las NPs de PdAg exhibieron mejor desempeño en la oxidación de etanol alcanzando 4 veces más que la actividad másica en comparación con la oxidación de metanol.

5. REFERENCIAS

[1] YG Feng, HJ Niu, LP Mei, JJ Fang, KM Fang, AJ Wang. *Journal of colloid and interface science*, **575**, 425, (2020).

[2] FM Souza, J Nandenha, VH Oliveira, EC Paz, VS Pinheiro, LR Aveiro, MC Santos. *Renewable Energy*, **150**, 293, (2020).

[3] Hu, S., Munoz, F., Noborikawa, J., Haan, J. Scudiero, L., y Ha, S. *Applied Catalysis B: Environmental,* **180**, 758, (2016).

Reciclaje de LIBs gastadas para la obtención de supercapacitores ensamblados con de rGO activado y dopado con N

Presentación **Póster**

J. Ortiz[1], S.F. Rojas Vargas[1], P. Acevedo Peña[2], M. González Montiel[1], V. Aguilar Vargas[1], J.A.I. Diaz Góngora[1], E. Reguera[1]

[1] IPN. LNCAE. CICATA unidad Legaria. Ciudad de México, México.

[2] SECIHTI-IPN. LNCAE. CICATA unidad Legaria. Ciudad de México, México.

E-mail: srojasv2500@alumno.ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía de alta potencia, con carga rápida y larga vida útil, constituye un gran desafío para la transición hacia tecnologías energéticas disponibles. En este contexto, los supercapacitores representan una alternativa prometedora; sin embargo, su desempeño depende en gran medida de las propiedades estructurales y químicas de los materiales electródicos.

El óxido de grafeno reducido (rGO) destaca por su elevada conductividad eléctrica, estabilidad química y amplia área superficial. A su vez, este puede obtenerse a partir de la recuperación de grafito proveniente de baterías ion-litio (LIBs) gastadas, lo que representa una estrategia sostenible para transformar residuos electrónicos en materiales carbonosos de alto valor agregado. Este enfoque impulsa la economía circular, reduce la dependencia de materias primas vírgenes y abre nuevas oportunidades para el desarrollo de electrodos avanzados destinados a dispositivos de almacenamiento de energía de alto desempeño. No obstante, su rendimiento electroquímico puede mejorarse mediante estrategias de activación química y funcionalización. La activación con KOH favorece el desarrollo de una estructura altamente porosa y aumenta el área superficial accesible, mientras que la incorporación de nitrógeno introduce sitios activos, mejora la humectabilidad del material y facilita el transporte de carga. Con lo cual, el presente trabajo transforma el rGO reciclado en un material carbonoso con mejor desempeño capacitivo

2. METODOLOGÍA

El grafito fue recuperado de LIBs en desuso y transformado en óxido de grafeno (GO) mediante el método de Hummers modificado, seguido de su reducción térmica para obtener rGO. Posteriormente, el rGO fue activado químicamente con KOH y funcionalizado térmicamente con N. Finalmente, los materiales obtenidos se evaluaron como electrodos para supercapacitores en celdas tipo Swagelok utilizando electrolitos acuosos y orgánicos.

3. RESULTADOS

En conjunto, de acuerdo con la Figura 1, el material N-rGO-KOH-M presentó la mayor respuesta voltamperométrica, la menor resistencia de transferencia de carga y la mejor retención de la capacitancia con el incremento de la corriente de carga y descarga, lo que evidencia un efecto sinérgico entre la porosidad inducida por KOH y el dopaje con nitrógeno.

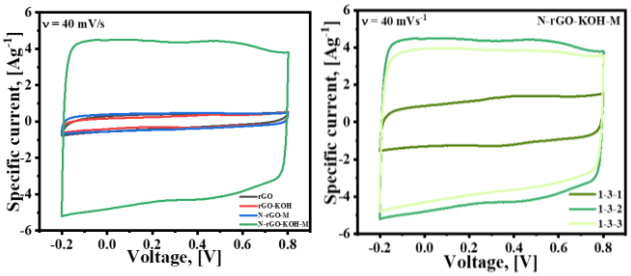


Figura 1. a. CVs. b. CVs para rGO's y rGO-KOH-M

4. CONCLUSIONES

La activación química con KOH mejoró significativamente el desempeño electroquímico del rGO al incrementar su área electroquímica activa y facilitar el transporte electrónico. La posterior funcionalización con nitrógeno mediante melamina promovió un aumento adicional de la capacitancia, atribuible a la incorporación de sitios electroactivos y a una mayor contribución pseudocapacitiva

5. REFERENCIAS

[1] Zhu, H. et al. Nitrogen-doped coal-based porous carbon and reduced graphene oxide composites for high-performance symmetrical supercapacitors**.** *New Journal of Chemistry, 49*, 11509–11519, (2025).

Desarrollo de recubrimientos compuestos Ag/LLZTO y Ng/LLZTO depositados mediante APPJ para el transporte de li^+ a través de membranas poliméricas

Presentación **Poster**

A. De Dios Reynada[1], J. de Jesús Pérez Bueno[1], J. Mojica Gomez[1]
[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C.
E-mail: areynada@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

La recuperación electroquímica de litio a partir de salmueras representa una alternativa sostenible frente a los métodos convencionales de extracción, debido a su potencial para disminuir el consumo de agua, energía e impacto ambiental [1]. En este contexto, el desarrollo de membranas funcionales con conducción mixta (electrónica e iónica) constituye un reto para mejorar la transferencia selectiva de Li^+. En este trabajo se desarrollaron recubrimientos compuestos de plata (Ag)/LLZTO y negro de humo (CB)/LLZTO depositados sobre membranas comerciales de polipropileno/polietileno (PP/PE) mediante Plasma Jet a Presión Atmosférica (APPJ), con el propósito de evaluar su respuesta electroquímica y su capacidad para favorecer el transporte de iones litio.

2. METODOLOGÍA

Los recubrimientos compuestos se obtuvieron mediante APPJ empleando un sistema de nebulización simultánea que permitió incorporar materiales conductores (Ag y CB) junto con el electrolito sólido $Li_{6.4}La_3Zr_{1.4}Ta_{0.6}O_{12}$ (LLZTO). La respuesta electroquímica de los recubrimientos se analizó mediante potencial de circuito abierto (OCP), voltamperometría cíclica (CV) y espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS). Posteriormente, el desempeño en el transporte de Li^+ se evaluó en una celda tipo H mediante cronoamperometría, aplicando potenciales constantes para inducir la migración iónica desde una salmuera hacia una solución receptora. La presencia de Li^+ en el compartimiento receptor se verificó mediante ICP

3. RESULTADOS

Los diagramas de Nyquist obtenidos mediante EIS presentaron arcos capacitivos asociados a procesos de transferencia de carga en la interfaz recubrimiento/electrolito, mientras que los diagramas de Bode mostraron ángulos de fase cercanos a −90°, característicos de un comportamiento predominantemente capacitivo. Los voltamperogramas cíclicos no mostraron procesos faradaicos significativos dentro de la ventana de potencial estudiada, indicando estabilidad electroquímica de los recubrimientos.

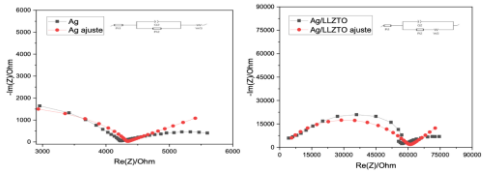


Tabla 1. Los datos más relevantes en formato de tabla se deben ajustar a los márgenes establecidos.

Recubrimientos	Ag/LLZTO	Ng/LLZTO
Migración	22.5	3.45

4. CONCLUSIONES

La estrategia de deposición mediante APPJ permitió obtener recubrimientos compuestos Ag/LLZTO y CB/LLZTO con características morfológicas y electroquímicas adecuadas para aplicaciones en transporte iónico. La combinación de materiales con conducción electrónica e iónica favoreció el desempeño del sistema durante las pruebas electroquímicas y permitió la migración de Li^+ a través de la membrana modificada. Estos resultados muestran el potencial de los recubrimientos desarrollados para aplicaciones en procesos electroquímicos de separación y recuperación selectiva de litio.

5. REFERENCIAS

Revistas
[1] J. Farahbakhsh, F. Arshadi, Z. Mofidi, M. Mohseni-Dargah, C. Kök, M. Assefi, A. Soozanipour, M. Zargar, M. Asadnia, Y. Boroumand, V. Presser, A. Razmjou, Desalination, 575, 117249 (2024).

Compósitos NiFe-LDH/Carbón Mineral Activado como Materiales para Ánodos en Baterías de Ion Sodio

Presentación **Poster**

G. Vizcarra Solorza[1], G. Vargas Gutiérrez[1], I.L. Alonso Lemus[2]

[1]Cinvestav Unidad Saltillo. Grupo de Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía. Av. Industria Metalúrgica 1062. Ramos Arizpe, Coahuila, México. C.P. 25900

[2]SECIHTI-Cinvestav Unidad Saltillo. Grupo de Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía. Av. Industria Metalúrgica 1062. Ramos Arizpe, Coahuila, México. C.P. 25900

E-mail: gonzaloviz@cinvestav.com.mx

1. INTRODUCCIÓN

La transición hacia sistemas de energía sostenibles requiere tecnologías de almacenamiento capaces de compensar la intermitencia de las fuentes renovables. En este contexto, las baterías de ion sodio son una alternativa prometedora, aunque el desarrollo de ánodos estables y de alta capacidad sigue siendo un reto. La combinación de NiFe-LDH con carbón mineral activado con KOH permite integrar actividad redox, porosidad y una red conductora favorable [1–2]. Los NiFe-LDH han mostrado capacidades cercanas a 500 mAh g^{-1} [1], mientras que carbones derivados de carbón mineral presentan áreas de 49.3 m^2 g^{-1} y resistencias de transferencia de carga de 14–16 Ω [2].

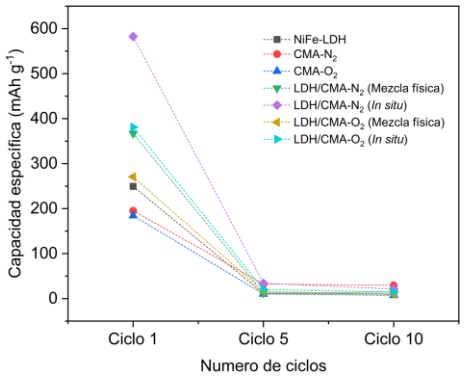
En este trabajo, se desarrollan compósitos NiFe-LDH/carbón mineral activado con KOH, evaluando las atmósferas bajo las cuales se activa (N_2 y O_2), con el fin de analizar su influencia sobre el desempeño electroquímico.

2. METODOLOGÍA

El carbón mineral fue activado con KOH bajo atmósferas de N_2 (750 °C) y O_2 (355 °C), seguido de lavado con HCl y agua desionizada, y secado. El LDH se sintetizó mediante síntesis hidrotermal a partir de sales de níquel y hierro, empleando urea y NH_4F.

Los compósitos NiFe-LDH/CMA se prepararon mediante dos rutas de síntesis: (i) crecimiento *in situ* por proceso hidrotérmal y (ii) mezcla física en un mortero, ambas rutas en una relación 1:1. Los materiales obtenidos fueron caracterizados fisicoquímicamente para analizar su estructura, composición y morfología, y posteriormente evaluados electroquímicamente mediante voltamperometría cíclica (CV) y pruebas de carga–descarga galvanostática (GCD).

3. RESULTADOS



Grafica 1. Capacidades específicas de descarga para los ciclos 1, 5 y 10.

4. CONCLUSIONES

Los compósitos NiFe-LDH/CMA mostraron una mejora significativa en la capacidad inicial respecto a los materiales individuales, destacando el compósito sintetizado por vía *in situ* con CMA–N_2, que alcanzó la mayor capacidad de descarga (582.5 mAh g^{-1}). Este comportamiento sugiere un efecto sinérgico entre la actividad redox del NiFe-LDH y la matriz carbonosa activada. Sin embargo, todos los materiales presentaron una rápida pérdida de capacidad después del primer ciclo, indicando que la estabilidad estructural y la reversibilidad electroquímica aún requieren optimización.

5. REFERENCIAS

[1] M. Fortunato, A. Sarapulova, B. Schwarz, A.M. Cardinale, S. Dsoke, *Batteries & Supercaps*, 8, e202400451, (2025).

[2] R.I. Pushparaj, X. Hou, S. Xu, X. Zhang, B. Abdelmalek, R. Zhang, *Renewable and Sustainable Energy*, 2, 0004, (2024).

Diseño, Construcción y evaluación energética de un prototipo para producción y almacenamiento de hidrógeno verde a partir de agua contaminada mediante electrólisis

Presentación **Poster**

A. D. Gómez López[1], A. Castro Agüero[2*]

[1]Afiliación 1. Facultad de Ciencias Básicas de Ingeniería y Tecnología. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Apizaquito, Tlaxcala, México

E-mail: 20266604@uatx.mx ; angel.castro@uatx.mx

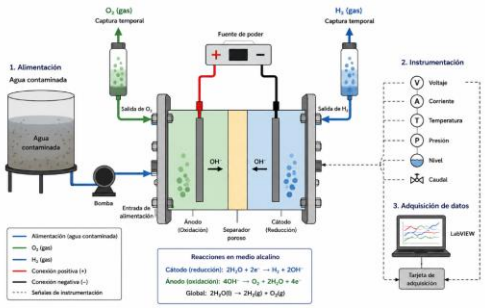
1. INTRODUCCIÓN

El hidrógeno verde es una alternativa para la transición energética, ya que almacena energía química y producirse mediante electrólisis del agua usando electricidad renovable [1]. Sin embargo, una limitante importante es el uso de agua de alta pureza, lo que puede generar presión sobre recursos hídricos disponibles [2]. Por ello, el uso de aguas contaminadas representa una oportunidad para reducir la dependencia de agua potable y explorar esquemas de economía circular. No obstante, la presencia de sales, sólidos disueltos e impurezas puede modificar la conductividad, aumentar el consumo eléctrico y afectar la producción de hidrógeno [2,3].

2. METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolla en tres etapas. Primero, se diseñará una celda de electrólisis alcalina utilizando acero inoxidable como material principal para los electrodos y componentes internos, debido a su bajo costo y disponibilidad. En la segunda etapa se construirá e instrumentará el prototipo con sensores de voltaje, corriente, temperatura, presión y nivel, conectados a un sistema de adquisición de datos mediante LabVIEW. Finalmente, se realizarán pruebas con agua destilada como referencia y posteriormente con agua contaminada, Con ello se evaluará la producción de hidrógeno, el consumo energético y la eficiencia farádica del sistema.

Figura 1. Esquema representativo del prototipo de electrólisis alcalina para producción y captura temporal de hidrógeno.



3. RESULTADOS

Actualmente, el proyecto se encuentra en etapa de diseño, construcción y validación del sistema experimental. Como avance, se definieron las variables de operación, la instrumentación requerida y la matriz experimental para comparar el comportamiento del prototipo con agua destilada y agua contaminada. Se espera que las pruebas permitan identificar el efecto de la calidad del agua sobre el consumo energético y la producción de hidrógeno.

4. CONCLUSIONES

El prototipo propuesto permitirá evaluar la producción de hidrógeno mediante electrólisis alcalina usando agua contaminada como alimentación no ideal. La comparación con agua destilada permitirá identificar cambios en el desempeño energético del sistema y establecer límites de operación. El uso de acero inoxidable y una configuración de bajo costo representa una alternativa inicial para estudiar la producción de hidrógeno verde con recursos hídricos de desecho, contribuyendo al desarrollo de tecnologías limpias bajo un enfoque de economía circular.

5. REFERENCIAS

[1] Sadeghi, S., Yang, B., Chinnici, A., & Arjomandi, M (2026). *Applied Energy*, 411, 127596.

[2] Kabir, M. M., et al. (2025). *Desalination*, 60 118580.

[3] Malek, A., Lu, X., Shearing, P. R., Brett, D. J. L., He, G. (2022). *Green Energy & Environment*, 8, 98 1005.

[4] Todoroki, N., & Wadayama, T. (2024). *Journal Power Sources*, 613, 234854.

Efecto de la concentración para la formación de las nanopartículas de óxido de cobalto para la respuesta capacitiva

Presentación **Poster**

A. Zamudio-Uscanga[1], M. Vargas-Chávez [1], J. Mata-Martínez [1], L.A. Ponce Rodríguez[1], B. A. Gómez Rodríguez[1*]

[1]Facultad de Física, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México

E-mail: zS24012687@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años los metales óxidos han sido considerados prometedores para electrodos de supercapacitores, entre ellos está el óxido de cobalto por su actividad redox y su potencial aplicación en pseudocapacitores [1,2]. En este trabajo se estudia el efecto de la concentración de precursores en la respuesta capacitiva de nanopartículas de óxido de cobalto (NPs_CoO) sintetizadas por método hidrotermal, con el propósito de identificar la condición con mejor comportamiento electroquímico.

2. METODOLOGÍA

Se sintetizan cuatro muestras con diferentes concentraciones de cloruro de cobalto hexahidratado y urea, manteniendo una relación molar 9:1, por medio de síntesis hidrotermal a 120 °C durante 6 h; posteriormente, las muestras fueron filtradas, lavadas y calcinadas a 300 °C durante 2 h. Las NPs_CoO fueron denominadas CoO-1, CoO-2, CoO-3 y CoO-4, variando la concentración de precursores. La respuesta electroquímica se evaluó mediante voltametría cíclica y fue calculada la capacitancia específica para observar el efecto del cambio de concentración.

3. RESULTADOS

Las NPs_CoO sintetizadas tienen rendimientos entre 25 y 28 %. Esto indica una buena repetibilidad en la formación de las NPs_CoO independiente del cambio de concentración del precursor. Las NPs_CoO con menor masa, pero con relación molar de 9:1 fue la de CoO-1, la cual muestra una capacitancia específica de 350 F g^{-1}. Y se puede observar que al aumentar la concentración de precursores es decir mayor masa, la capacitancia disminuyó, lo que sugiere que concentraciones elevadas favorecen la formación de estructuras más grandes o aglomeradas, reduciendo el área superficial y pueden limitar el transporte de carga.

Además, la disminución progresiva de la capacitancia con la velocidad de barrido indica que el almacenamiento de carga está limitado parcialmente por procesos de difusión iónica. Aun así, CoO-1 mantiene la mejor respuesta en la mayor parte del intervalo evaluado, por lo que se considera la muestra con mayor potencial electroquímico.

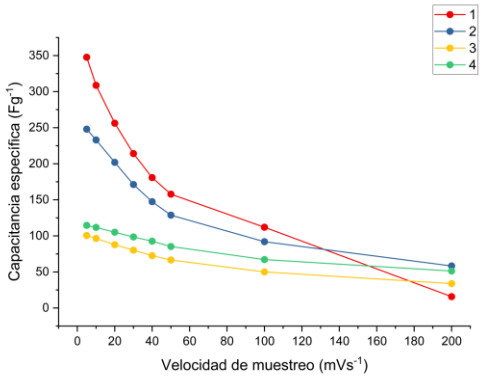


Figura 1. Variación de la velocidad de barrido y medida de capacitancia para las muestras CoO-1, CoO-2, CoO-3 y CoO-4.

4. CONCLUSIONES

La síntesis hidrotermal permitió obtener NPs_CoO con respuesta capacitiva. La menor concentración de precursor favoreció el mejor desempeño electroquímico, por lo que la muestra CoO-1 se identifica como la condición más adecuada dentro del estudio. Esto indica que el control de la concentración de precursores es un parámetro clave para optimizar materiales nanoestructurados aplicables en supercapacitores.

5. REFERENCIAS

[1] X. Hu, Y. Wang, Q. Wu, J. Li, *Ionics*, **28**, 989, (2022

[2] J. Mei, T. Liao, G. A. Ayoko, J. Bell, Z. Su *Progress in Materials Science*, **103**, 596, (2019).

Desarrollo y caracterización de electrodos a base de (grafito-boro) GrB(MoS_2) para aplicación de almacenamiento de energía

Presentación **Poster**

L. E. Toxqui Martínez[1*], J. Morales Hernández[1*], E.J. Aldeco Pérez[1], A. Sandoval González[1], C. Magdaleno López[2*], H. Herrera Hernández[3]

[1]Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica s.c. Parque Tecnológico Querétaro s/n, Sanfandila Pedro Escobedo, Querétaro, C.P.76703, México.

[2]Tecnológico Nacional de México/ITS Abasolo, Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401, Col. Cuitzeo de los Naranjos, Abasolo 36976, Guanajuato, México.

[3]Centro Universitario UAEM Valle de México, Blvd. Universitario s/n, Predio San Javier, Atizapán de Zaragoza, Estado de México, México.

E-mail: jmorales@cideteq.mx, ltoxqui@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de supercapacitores a base de grafito modificado con boro y disulfuro de molibdeno por medio de la técnica de molienda mecánica se basa en el cambio estructural del grafito a partir del efecto de dopaje con heteroátomos, el cual perturba el parámetro de red del compuesto y modifica las propiedades electroquímicas del material que induce transferencias de carga faradaicas y no faradaicas, lo que resulta en un aumento de la capacitancia específica de los supercapacitores, siendo así una alternativa con ventajas para su producción y aplicación en almacenamiento de energía.

2. METODOLOGÍA

Se preparó una mezcla de grafito dopado con boro al 7,5% en peso en un molino planetario. Se utilizó una relación de peso bolas/mezcla de 20:1 a 350 r.p.m. El MoS_2 se agregó después de las primeras 20 h de molienda del Gr-B, a una concentración del 16% en peso, hasta completar 40 h totales.

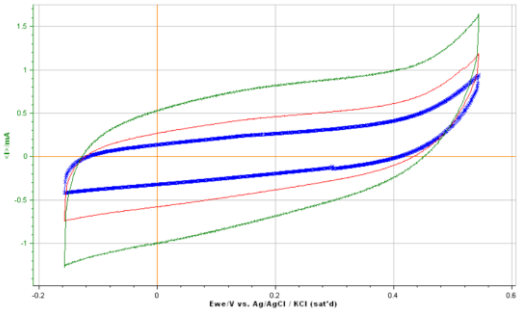
Los polvos molidos se depositaron sobre láminas de acero inoxidable 304, mediante la técnica de Jet de Plasma a Presión Atmosférica (APPJ).

La caracterización electroquímica se llevó a cabo en un potenciostato Biologic, en una celda de tres electrodos con H_2SO_4 como electrolito. Se utilizó la técnica de Voltamperometría Cíclica con velocidades de barrido de 25, 50 y 100 mV/s en una ventana de potencial de -0.2 a 0.5 V.

3. RESULTADOS

La morfología de los polvos de grafito dopado con boro a las 20 h de molienda es de tipo conglomerado. La presencia del MoS_2 modifica la morfología del material compuesto final, de tipo esférico.

La caracterización electroquímica permitió calcular una capacitancia, obteniéndose un valor de 16.92 mF/cm² a la velocidad de barrido de 25 mV/s, característica de un supercapacitor.



Voltamperometría cíclica de la muestra Gr-B a 25 mV/s (azul), 50 mV/s (rojo) y 100 mV/s (verde) en H_2SO_4 a 1 M.

4. CONCLUSIONES

La adición de un dopante en la superficie del grafito, como el boro, combinada con la presencia de un átomo metálico (dopante tipo p de un semiconductor extrínseco), como el molibdeno, favorece la formación de picos de corriente anódica y catódica a diferentes velocidades de barrido, lo que aumenta la capacitancia del material compuesto Gr-B(MoS_2) hasta el orden de 16.92 mF/cm2, característico de un supercapacitor.

5. REFERENCIAS

[3] A. Kraft, Int. J. Electrochem. Sci., Doped Diamond; A compact Review on a New, Versatile Electrode Material, 2, 355 – 385 (2007).

Análisis preliminar de la respuesta capacitiva de un material nanocompuesto RGO/TiO_2

Presentación **Poster**

J. Mata-Martínez[1], A. Zamudio-Uscanga[1], M. Vargas-Chávez[1], B. A. Gómez Rodríguez[1*]

[1]Facultad de Física, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México

E-mail: zS24012702@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los supercapacitores de interés debido a su rápida respuesta de carga-descarga y estabilidad electroquímica [1]. Su desempeño depende de los materiales, por lo que estudiar materiales nanocompuestos basados en carbono y óxidos metálicos o estructuras híbridas para mejorar la transferencia de carga y el almacenamiento de iones [1]. En particular, el óxido de grafeno reducido (RGO) presenta buena conductividad eléctrica y elevada área superficial, mientras que el TiO_2 posee estabilidad química [2]. Sin embargo, el TiO_2 presenta baja conductividad cuando se emplea de manera individual, por lo que su combinación con RGO puede favorecer una respuesta capacitiva [2]. En este trabajo se presenta una evaluación electroquímica preliminar del material compuesto RGO/TiO_2 mediante voltametría cíclica, con el propósito de analizar su posible aplicación como material de electrodo para supercapacitores.

2. METODOLOGÍA

Se preparó el nanocompuesto basado en RGO decorado con nanopartículas (NPs) de TiO_2 empleando micronadas para el decorado de las NPs. La respuesta electroquímica se evaluó por voltametría cíclica en una ventana de potencial de −0.2 a 0.6 V, a una velocidad de barrido de 50 mV s^{-1}. Se comparó el comportamiento del carbón vítreo, las NPs de TiO_2 y el material compuesto RGO/TiO_2. La capacitancia específica preliminar se estimó a partir del área integrada del voltamperograma, considerando una masa activa de 25 µg.

3. RESULTADOS

Los voltamperogramas obtenidos mostraron una diferencia importante entre los materiales evaluados. El carbón vítreo y las nanopartículas de TiO_2 presentaron áreas voltamperométricas de 10.32 y 28.60 u.a., respectivamente, mientras que el material compuesto RGO/TiO_2 presentó un área de 243.79 u.a. A partir del área integrada del voltamperograma, considerando una masa activa de 25 µg, una velocidad de barrido de 50 mV s^{-1} y una ventana de potencial de 0.8 V, se estimó una capacitancia específica preliminar de 121.90 F g^{-1} para el material RGO/TiO_2. Este resultado sugiere una mejora en la respuesta capacitiva atribuida a la posible sinergia entre la conductividad del RGO y los sitios activos proporcionados por el TiO_2.

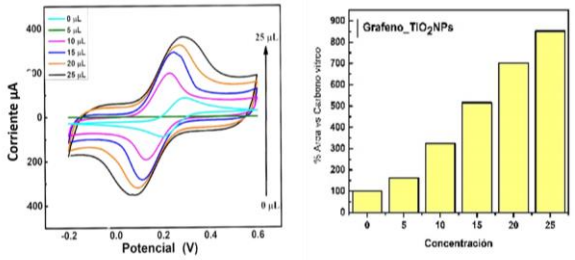


Figura 1. A)Voltamperogramas cíclicos y B) Porcentaje de área voltamétrica relativa respecto al electrodo de carbono vítreo para el sistema Grafeno–TiO_2NPs.

4. CONCLUSIONES

El compuesto RGO/TiO_2 presentó una respuesta electroquímica superior en comparación con el carbón vítreo y las nanopartículas de TiO_2 evaluadas de forma individual. Estos resultados sugieren que el RGO/TiO_2 es prometedor para su posible aplicación como electrodo en supercapacitores.

5. REFERENCIAS

[1] A. Tundwal, et al., *RSC Advances*, **14**, 9406, (2024).

[2] J. K. Jadoon and P. V. Pham, *Nanotechnology*, **35**, 435706, (2024).

Evaluación del desempeño de electrocatalizadores libres de Pt para la reacción de reducción de oxígeno.

Presentación **Poster**

B. Maldonado Teodocio[1*], M. G. Montes de Oca Yemha[1], M. Palomar Pardavé[1], M. Romero Romo[1], C. Ramirez[2].

[1] Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo No. 420 Col. Nueva el Rosario C.P. 02128.

[2] Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias extractivas, Av Instituto Politécnico Nacional, Col. Lindavista C.P.07700, CDMX.

E-mail: beatriz.mal.teo@gmail.com.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los electrocatalizadores son fundamentales para el desarrollo de celdas de combustible, ya que permiten superar las barreras cinéticas asociadas a las reacciones electroquímicas clave. Aunque gran parte de la investigación se ha enfocado en los catalizadores anódicos, la reacción de reducción de oxígeno (ORR) en el cátodo continúa siendo el principal desafío debido a su lenta cinética y elevada sobrepotencial [1]. En este contexto, el objetivo es sintetizar materiales electrocatalíticos de bajo costo que mejoren la actividad catalítica hacia la ORR, favoreciendo la ruta de cuatro electrones para incrementar la eficiencia y estabilidad de las celdas de combustible [2].

2. METODOLOGÍA

Se prepararon electrocatalizadores de Ag y AgCu mediante electrodeposición sobre un electrodo de carbono vítreo (GCE), utilizando como precursores sus respectivos iones metálicos disueltos en un disolvente eutéctico profundo (Reline). La actividad electrocatalítica hacia la reacción de reducción de oxígeno (ORR) se evaluó mediante voltamperometría lineal de barrido (LSV) empleando un electrodo de disco rotatorio (RDE) en una solución de 0.1 M KOH saturada con O_2. Las mediciones se realizaron a una v de 10 mV s^{-1}, variando la ω entre 0 y 2400 rpm, en un intervalo de potencial de 1.0 a −0.2 V vs. RHE.

La Figura 1 presenta las curvas de polarización potenciodinámica registradas para la ORR sobre el electrodo modificado con Ag, mientras que inserto de la figura describe las regiones de control cinético, control mixto y control difusional. Se observa que el electrodo modificado con Ag presenta mayores densidades de corriente de reducción a lo largo de las diferentes regiones, lo que evidencia una mejora en la actividad electrocatalítica hacia la ORR.

3. RESULTADOS

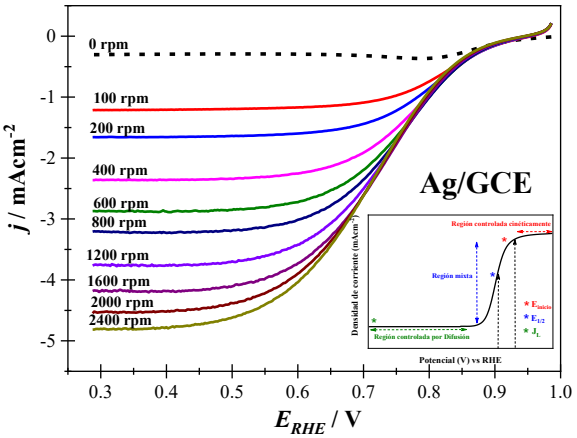


Figura 1. Curvas de polarización potenciodinámicas para el electrocatalizador de Ag/GCE en una solución de 0.1 M KOH saturada con O_2, registradas a 10 mV s^{-1} y diferentes velocidades de rotación (ω).

4. CONCLUSIONES

El electrocatalizador AgCu presentó una mayor corriente límite que Ag, reduciendo en un 50 % el contenido de plata y mostrando un mejor desempeño electrocatalítico. Además, los valores del coeficiente de transferencia de carga (α = 0.12–0.18) indican que la ORR ocurre mediante un mecanismo multietapa con formación de especies adsorbidas.

5. REFERENCIAS

[1] S. M. Alfaifi, R. Balu, K. Chiang, N. Choudhury ar N. K. Dutta, *ACS Catalysis*, **15**, 9301, (2025).

[2] B. Wang, *Journal of Power Sources*, **152**, 1 (2005)

División 8

Educación Electroquímica (EE)

Trabajos Orales

Fundadores de la electroquímica: aportaciones y espiritualidad

Presentación **Oral**

J. Ibáñez Cornejo
Universidad Iberoamericana. Depto de Ing. Química, Industrial y de Alimentos
E-mail: jorge.g.ibanez@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Contrariamente a la imagen popular que presenta a la ciencia y la fe como ámbitos necesariamente enfrentados, la historia muestra numerosos casos de científicos que vieron en el estudio de la naturaleza una forma de espiritualidad y de comprender mejor el orden del universo. El propósito del presente trabajo es analizar entre algunos electroquímicos destacados cómo sus convicciones religiosas influyeron en su visión del conocimiento científico: Luigi Galvani, Alessandro Volta, Michael Faraday, André-Marie Ampère, Humphry Davy y Walther Nernst.

METODOLOGÍA

Se analizan las principales contribuciones a la electroquímica de estos seis hombres de ciencia, mostrando cómo entendieron la relación entre ciencia, fe y trascendencia [1, 2].

RESULTADOS

Luigi Galvani (1737–1798), pionero de la bioelectroquímica, descubrió la "electricidad animal" mediante sus experimentos con patas de rana. Profundamente creyente, consideraba que la complejidad de los seres vivos reflejaba la sabiduría y el diseño del Creador. Renunció a sus cargos en el gobierno napoleónico antes que actuar contra su conciencia religiosa.

Alessandro Volta (1745–1827), inventor de la pila eléctrica, defendió la compatibilidad entre la fe y la ciencia. Consideraba que las leyes racionales de la naturaleza reflejaban una inteligencia superior y rechazaba las explicaciones puramente materialistas de la realidad. Para él, el estudio científico fortalecía la convicción de la existencia de Dios.

Michael Faraday (1791–1867) revolucionó la electroquímica y el electromagnetismo con descubrimientos fundamentales como la electrólisis y la inducción electromagnética. Profundamente religioso, veía la naturaleza como una creación ordenada por Dios y consideraba que la ciencia debía descubrir humildemente sus leyes. Su fe le inspiró valores como la honestidad intelectual, la humildad y el servicio desinteresado.

André-Marie Ampère (1875–1936), fundador de la electrodinámica, redescubrió la fe tras profundas tragedias personales y mantuvo una intensa vida espiritual. Consideraba que las leyes de la naturaleza reflejaban una inteligencia superior accesible a la razón humana. Para él, la ciencia explicaba cómo funciona el mundo, mientras que la religión ayudaba a comprender por qué existe.

Humphry Davy (1778–1829), demostró que la electricidad podía descomponer compuestos químicos, y aisló por primera vez K, Na, Ca y Mg. Consideraba que el estudio de la naturaleza despertaba admiración y reverencia por la complejidad del universo, y debe fomentar la humildad ante los misterios sin resolver. El orden de la creación da indicios de una acción divina.

Walther Nernst (1864–1941), fundador de la electroquímica física moderna, se interesó profundamente en el orden racional y la inteligibilidad del universo. Aunque no fue especialmente religioso, veía en la admiración por la complejidad de la naturaleza una importante dimensión espiritual.

4. CONCLUSIONES

Varios de los principales pioneros de la electroquímica hicieron vivencial el concepto de que la excelencia científica y la profundidad espiritual pueden coexistir y enriquecerse mutuamente.

5. REFERENCIAS

[1] Society of Catholic Scientists. *Important Catholic Scientists of the Past.* https://catholicscientists.org/scientists-of-the-past/ (Consultada: 24 Junio 2026).

[2] R. L. Numbers (ed.) *Galileo Goes to Jail and Other Myths about Science and Religion,* 302 pp, Harvard University Press, Cambridge, USA, (2009).

Recubrimientos Electrolíticos Sobre Esferas: Un Problema para Fomentar el Análisis Crítico en la Enseñanza de la Electroquímica.

Presentación **Oral**

O.A. González-Meza[1], N. Casillas Santana[2]
[1]Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales, ITESO, Tlaquepaque, Jalisco, México.
[2]Departamento de Química, Universidad de Guadalajara, CUCEI, Tlaquepaque, Jalisco, México.
E-mail: Omar.GonzalezM@iteso.mx

1. INTRODUCCIÓN

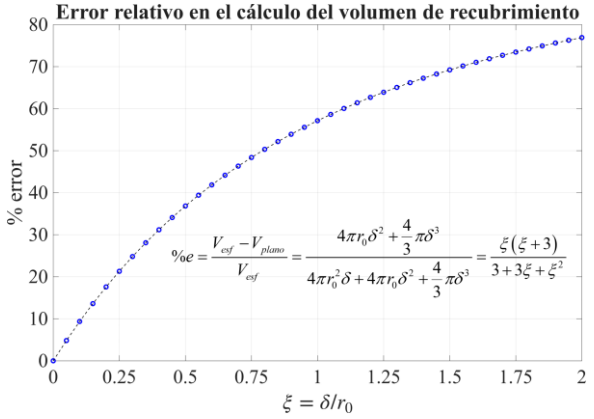
En el modelado de recubrimientos electrolíticos, el volumen depositado suele calcularse mediante $V \approx A_0\delta$, donde A_0 es el área inicial del sustrato y δ el espesor del recubrimiento. Esta aproximación, válida en geometría plana, asume que el área no cambia con el crecimiento del depósito. Sin embargo, en sustratos esféricos el área superficial aumenta con el espesor, por lo que el volumen exacto es $V = (4\pi/3)[(r_0+\delta)^3 - r_0^3]$ [1]. Surge entonces la pregunta: ¿hasta qué punto es válida la aproximación plana y cómo afecta esto a la predicción de la cinética de crecimiento bajo condiciones galvanostáticas? Esta pregunta ofrece una oportunidad pedagógica para que el estudiante cuestione supuestos implícitos en modelos comunes. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo comparar ambas aproximaciones como herramienta didáctica que fomente el análisis crítico en la enseñanza de la electroquímica.

2. METODOLOGÍA

Se comparan analíticamente dos modelos para el crecimiento del volumen de un recubrimiento electrolítico bajo corriente galvanostática constante. El modelo exacto considera que el área de un recubrimiento esférico crece a medida que el espesor aumentamientras que el modelo aproximado fija el área en $A_0 = 4\pi r_0^2$. Ambos modelos se integran analíticamente. El error relativo en volumen se expresa en función del parámetro adimensional $\xi = \delta/r_0$, que gobierna el comportamiento del sistema. Los resultados se visualizan mediante gráficas de error vs. ξ, generadas numéricamente en MatLab.

3. RESULTADOS

La expansión del volumen exacto revela que $V = 4\pi r_0^2\delta + 4\pi r_0\delta^2 + (4\pi/3)\delta^3$, donde el primer término corresponde a la aproximación plana. El error relativo depende únicamente de $\xi = \delta/r_0$: para $\xi = 0.05$ el error es ~4.8%; para $\xi = 0.10$ alcanza ~9.3%; y para $\xi = 0.30$ supera el 24%. la aproximación puede subestimar



significativamente el tiempo necesario para alcanzar un espesor objetivo. La Figura 1 muestra el mapa de validez de la aproximación en términos de ξ,

Figura 1. Error relativo de la aproximación plana en función del parámetro adimensional $\xi = \delta/r_0$.

4. CONCLUSIONES

La aproximación $V \approx A_0\delta$ es válida únicamente cuando $\xi = \delta/r_0 \ll 1$. Su uso indiscriminado en sistemas con $\xi > 0.1$ introduce errores superiores al 9% en volumen y desviaciones apreciables en la cinética de crecimiento predicha. El parámetro ξ constituye un criterio adimensional simple y de aplicación inmediata para evaluar la pertinencia del modelo plano en cualquier sistema real. Este análisis, accesible desde licenciatura y extensible a posgrado, ilustra cómo la geometría del sustrato no es un detalle menor, sino una variable que gobierna la validez de los modelos; fomentando en los estudiantes el hábito del análisis crítico de supuestos en el modelado electroquimico.

5. REFERENCIAS

[1] J. Newman, K.E. Thomas-Alyea, *Electrochemical Systems, p258.*, 3a ed., John Wiley & Sons, Hoboken (2004).

Análisis de distribución de tiempos de relajación como herramienta complementaria para el ajuste de los datos de Espectroscopia de Impedancia electroquímica usando circuitos eléctricos equivalentes.

Presentación **Oral**

A. Carmona-Hernandez [1], R. Orozco-Cruz[1], J. A. Ramírez-Cano[1], R. Galván-Martínez[1]
[1] Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
E-mail: andcarmona@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

El análisis de los espectros de espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) utilizando el método de distribución de tiempos de relajación (DRT) ha sido ampliamente utilizado en investigación en sistemas electroquímicos como baterías. El método DRT permite convertir los datos de EIS del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo, generando una distribución de constantes de tiempo (τ_0) características, en que los picos de mayor intensidad se asocian con distintos procesos de relajación presentes en el sistema electroquímico [1]. Para un análisis DRT robusto y confiable, se deben de evaluar la calidad de los datos de EIS con las transformadas de Kramer-Kronig (TKK). Además, se debe de optimizar el valor del parámetro de regularización y verificar la fiabilidad de los gráficos DRT mediante un marco probabilístico bayesiano [2]. El objetivo del presente trabajo fue demostrar que el análisis DRT es una herramienta complementaria muy valiosa para la interpretación de los datos de EIS y para validar circuitos eléctricos propuestos para describir la interfase metal-solución. Finalmente, la aplicación del método DRT se puede extender a sistemas de corrosión.

2. METODOLOGÍA

Se construyeron celdas dummy con resistencias y capacitores y también se analizaron datos de EIS reportados en la literatura. La validación de los datos EIS con TKK se realizó utilizando el software LIN-KK Test Tool. El análisis DRT se llevó a cabo utilizando el software de código abierto pyDRTtools basado en la regularización de Tikhonov.

3. RESULTADOS

Los parámetros R y Q derivados del ajuste no siempre corresponden a τ_0 indicados en la descripción física de la interfase metal-solución. Por ejemplo, la Figura 1 muestra que los picos en el grafico DRT (τ_{01}≈0,987 s y τ_{02}≈ 7,78 s) no corresponden con los valores τ_0* calculados usando la Ecuación $\tau_0=(QR)^{1/n}$. por lo que se puede inferir que los valores correctos de R_f y Q_f corresponden a la τ_0 más baja (alta frecuencia).

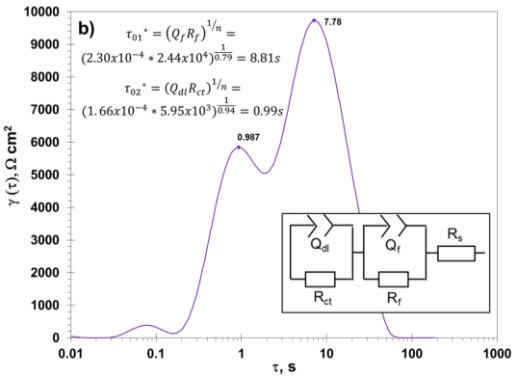


Figura 1. Gráfico DRT de un acero inoxidable en una solución amarga con 100 ppm de un inhibidor de corrosión tras 12 h de exposición junto con los valores calculados de τ_{01}* y τ_{02}*.

4. CONCLUSIONES

El análisis DRT respaldó la validación de la selección de EEC al permitir la identificación de las constantes de tiempo asociadas a cada proceso interfacial, lo que refleja el significado físico de la EEC. Este enfoque reduce el riesgo de interpretaciones erróneas asociadas al uso indiscriminado del software de ajuste EIS.

5. REFERENCIAS

[1] A. Carmona-Hernandez, J.A. Ramírez-Cano, Orozco-Cruz, E. Carrera-Avendaño, R. Galvá Martínez. *Electrochimica Acta*, **573**, 149209 (2026).

[2] Z. Wang, Y. Wang & F. Ciucci. *Current Opinion Electrochemistry*, **55**, 101789 (2026).

Reflexiones sobre la enseñanza de la corrosión en el nivel superior y posgrado

Presentación **Oral**
F.J. Rodríguez-Gómez *
Depto. Ing. Metalúrgica, Facultad de Química UNAM
Ciudad Universitaria, CDMX 04510 México

E-mail: fxavier@quimica.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la Corrosión en Facultad de Química de la UNAM ha pasado un largo camino donde al principio se trataba de una asignatura optativa a mediados de los años sesentas en la carrera de Ingeniería Química Metalúrgica, a volverse una asignatura obligatoria en el curriculum de la misma carrera desde 1988, y hasta la fecha. En las revisiones que tuvo el plan de estudios de la carrera en 2005 [1] y 2025, se conservó el carácter obligatorio y el enfoque teórico práctico.

La asignatura se encuentra ubicada en séptimo semestre, lo que le otorga un carácter de pre-especialización y profesionalizante. Cuenta con una asignatura precedente que es requisito obligatorio (Fundamentos de procesado electrometalúrgico [2]) que establece todas las bases electroquímicas, desde la parte de electroquímica iónica, hasta la electroquímica electródica. Esta asignatura introductoria cuenta con una carga de cuatro horas de teoría/semana y tres horas de laboratorio/semana, lo que lleva a once créditos por semestre. Cabe mencionar que el H. Consejo Universitario ha establecido en la UNAM que los semestres consten de dieciséis semanas lectivas, y en casos extraordinarios, de quince semanas.

2. COMENTARIOS GENERALES DEL PLAN DE ESTUDIOS

La asignatura de Corrosión y Protección consta de una carga horaria de tres horas de enseñanza teórica/semana, y tres horas de enseñanza experimental/semana, para hacer un total de nueve créditos en el plan de estudios [3].

El plan de estudios incluye una primera unidad a modo de introducción. Esta introducción se ha enfocado tradicionalmente en la definición del tema de estudio, pero también solía hacerse énfasis en el impacto económico de la corrosión en México y en el mundo. Desde hace pocos años, estamos haciendo énfasis en el impacto ecológico y humano de la corrosión, resaltando con esto el aspecto ético que se ha soslayado tantas veces en los planes de estudio antiguos.

La unidad dos se enfoca en el aspecto termodinámico de la corrosión, mientras que la tercera unidad se enfoca en fenómenos de adsorción y de tensión superficial. En este sentido los conocimientos de la tercera unidad están permeados a lo largo de todo el programa de la asignatura, pues al tratarse de un ataque en la superficie, el mojado de las superficies metálicas es indispensable, y el conocimiento de los fenómenos de adsorción son indispensables para el buen entendimiento de los inhibidores de corrosión.

La unidad cuatro permite abordar la cinética y, en consecuencia, los métodos para determinar la rapidez de corrosión, principalmente mediante el uso de técnicas de corriente continua. Es necesario indicar que en el programa actual, se considera en la última unidad la impartición de modelado de la intercara metal/electrolito, y aquí se ha presentado el uso de circuitos eléctricos equivalentes y la espectroscopía de impedancia electroquímica.

La pasivación se aborda en la unidad cinco haciendo énfasis en el empleo de curvas de polarización ya sea sencillas o de “doble loop”.

A continuación se revisan mecanismos de corrosión de las diferentes morfologías. Al revisar el mecanismo, se lleva a los estudiantes a la identificación de los parámetros críticos de cada morfología, de modo que pueden proponer estrategias para la prevención y el control.

Finalmente se presentan los métodos de control contra la corrosión y se lleva a los estudiantes a que desarrollen el criterio de selección.

3. REFERENCIAS

[1]https://quimica.unam.mx/ensenanza/licenciaturas/ingenieria-quimica-metalurgica/
[2]https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2017/03/1631fpe.pdf
[3]https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2017/03/1731cyp.pdf

LA ENSEÑANZA DE LA ELECTROQUÍMICA A TRAVÉS DE REDES SOCIALES: ESTRATEGIAS DE MICROAPRENDIZAJE Y SU IMPACTO EN LA RETENCIÓN CONCEPTUAL

Presentación **Oral**
H. Domínguez Arroyo[1], E. Montero Morales[1], V.A. Medina Rojano[1],
M.G. Montes De Oca Yemha[1]*, M. Romero Romo[1], M.E. Palomar Pardave[1].
[1]Área Electroquímica e Ingeniería de Materiales, Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.
E-mail: mgmy@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La electroquímica es un pilar fundamental en ingeniería, pero su abstracción (en fenómenos como la transferencia de electrones, celdas galvánicas y cinética de corrosión) suele crear barreras conceptuales difíciles de superar en la cátedra tradicional [1]. Ante un panorama donde los estudiantes dedican gran parte de su tiempo a plataformas multimedia, surge la oportunidad pedagógica de transformar las redes sociales en entornos de microaprendizaje. Esto permite aproximar conceptos complejos mediante recursos visuales dinámicos y un lenguaje accesible pero riguroso [2]. **Por lo tanto, la finalidad de este trabajo es diseñar, implementar y evaluar una estrategia didáctica basada en cápsulas de microaprendizaje en redes sociales virtuales, con el propósito de mitigar la complejidad percibida, facilitar la asimilación de representaciones gráficas y optimizar la retención de conceptos clave de electroquímica en estudiantes de ingeniería.**

2. METODOLOGÍA

Este trabajo expone el diseño y evaluación de un entorno virtual para la enseñanza de la electroquímica, adaptando temas complejos (ecuación de Nernst, balanceo ion-electrón y electrólisis) a cápsulas de microaprendizaje. El contenido se dividió en dos formatos: videos cortos animados con experimentos caseros e infografías dinámicas de alto impacto visual. Estos recursos se distribuyeron semanalmente a un grupo de estudio, midiendo la efectividad del proyecto a través de las métricas de interacción en redes y un cuestionario conceptual bajo la escala de Likert.

3. RESULTADOS

Para evaluar el microaprendizaje en la retención conceptual, se contrastó el estado inicial del grupo con su desempeño final. Inicialmente, el **66.7%** de los alumnos percibía la electroquímica tradicional con alta complejidad (Nivel 4 de 5). Tras introducir videos cortos (60-90 s), el **66.7%** logró interpretar eficazmente curvas y gráficas de ingeniería, demostrando que la síntesis visual facilita la asimilación técnica. Esto derivó en que el **90%** reportara una mejoría significativa en su aprendizaje, consolidándose en un promedio de rendimiento conceptual real de **8.57/10**. Estos indicadores demuestran que el microaprendizaje reduce la brecha de complejidad percibida y actúa como un puente cognitivo eficiente para la retención a largo plazo.

Dimensión Evaluada	Métrica	Resultado
Complejidad en el aula tradicional (1-5)	Nivel 4 (Alta complejidad de aprendizaje en el aula)	66.7%
Rendimiento conceptual	Promedio Real	8.57%
Comprensión en curvas y graficas de ING	Videos cortos (60-90 s)	66.7%
Optimización del desempeño	Mejoria significativa	90%

4. CONCLUSIONES

La integración de redes sociales en la enseñanza de la electroquímica rompe la rigidez del aula sin perder rigor técnico. Al acercar la ciencia al entorno cotidiano, se mitiga la ansiedad académica y se fomenta un aprendizaje autónomo en ingeniería. Los autores agradecen la oportunidad de debatir estos hallazgos en este congreso, de forma presencial en Xalapa o en sus sesiones virtuales del 5 al 9 de octubre de 2026.

5. REFERENCIAS

[1] Bard, A. J., Faulkner, L. R., Electrochemica Methods: Fundamentals and Applications, 2a ed., John Wiley & Sons, Nueva York, (2001).

[2] Greenhow, C., Lewin, C., Social media an education: reconceptualizing the boundaries of forma and informal learning, Learning, Media and Technolog vol. 41, p. 6-30, (2016).

La importancia del potencial de corriente nula y la interfase electroquímica

Presentación **Oral**

M. Miranda Hernández
Instituto de Energías Renovables, Priv.Xochicalco s/n
Temixco, Morelos, 62580 México.
E-mail: mmh@ier.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La interfase electroquímica y el potencial de corriente nula (también llamado potencial de circuito abierto, son términos comúnmente utilizados en las actividades electroquímicas. Están estrechamente relacionados porque ambos describen el estado de equilibrio eléctrico en la frontera entre un electrodo y un electrolito. Sin embargo, representan conceptos distintos. La interfase electroquímica es la región donde un electrodo sólido entra en contacto con una solución electrolítica. En esta zona ocurren procesos como: separación de cargas, adsorción de iones y moléculas, transferencia de electrones, formación de la doble capa eléctrica. La doble capa eléctrica está formada por: una carga superficial en el electrodo, y una distribución de iones en la solución que compensa esa carga. Esta estructura determina el potencial eléctrico de la interfase. Potencial de corriente nula (Open Circuit Potential, OCP) es el potencial que adquiere un electrodo cuando: no circula corriente externa (I = 0), la velocidad de oxidación es igual a la velocidad de reducción y el sistema está en equilibrio electroquímico. En este estado no existe flujo neto de electrones, a distribución de cargas en la interfase permanece constante y la doble capa eléctrica ya se ha establecido. Por tanto, el OCP es consecuencia directa del estado de la interfase electroquímica.].

2. METODOLOGÍA

Considerando la naturaleza, composición, estado de la superficie de los materiales de electrodo se evalúan diferentes materiales, tales como carbono vítreo, papel carbón, material semiconductor FTO. Se seleccionan los electrolitos: 0.1 M ácido sulfúrico, buffer amoniaco/amonio, buffer de fosfatos, 0.1 M cloruro de potasio, 0.1 M bicarbonato de sodio, para evaluar el OCP en cada sistema, se utiliza una celda de tres electrodos, donde cómo de referencia según el medio electrolítico (sea SCE, SSE, Ag/AgCl, KCl. Hg/HgO, KOH.). Malla de platino como contra electrodo.

3. RESULTADOS

Se reportan gráficos de OCP vs. tiempo para cada sistema evaluado. Un gráfico de Corriente vs. Potencial permite evaluar las respuestas obtenidas para un tipo de electrodo en los diferentes electrolitos.

4. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que dependiendo del tipo de material de electrodo y electrolito la interacción en la interfase del material diferirá la respuesta de OPC que del sistema. sin que intervenga la evolución del medio. Tal como se discute en la introducción, existen múltiples variables a considerar en la elección de un electrodo y electrólito de trabajo. Entre ellos, uno de los que tuvo una mayor influencia en todos los análisis fue la superficie, pues en diferentes ocasiones se llegó a oxidar el electrodo.

5. REFERENCIAS

[1] J. M. Bockris and A. K. N. Reddy, Modern Electrochemistry: Electrodics in Chemistry, Engineering, Biology and Enviromental Science, p. 561, Vol. 2B, 2nd Ed., Kluwer Academic/Plenum Publishers, N. Y. (2000).
[2] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, P. Baptista Lucio (Eds.), Metodología de la investigación, pp. 159-160, 4a edición, McGraw-Hill, México, D.F (2006).

Fundamentos de Espectroscopía de Impedancia Electroquímica

Presentación **Oral**
T. Pérez López[1], J. A. Paat Estrella[2]
[1]Universidad Autónoma de Campeche, Jubilado.
[2]Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Campeche.
E-mail: tezperez@uacam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La electroquímica heterogénea, estudia las reacciones que se llevan a cabo en la intercara de un electrodo y un electrolito. Por la naturaleza de la estructura que se forma, las especies químicas involucradas son susceptibles a intercambiar cargas eléctricas y llevan a cabo reacciones de reducción y de oxidación. Por esta característica, es factible analizar sus propiedades mediante la aplicación de señales eléctricas que modifiquen sus condiciones de estabilidad termodinámica y promuevan la predominancia de alguna de las reacciones. Es posible aplicar tanto potencial eléctrico y registrar su efecto sobre la intensidad de corriente, así como imprimir intensidad de corriente y recibir una respuesta en potencial. Las señales pueden ser en corriente directa, en forma de pulsos o en corriente alterna. De igual manera, el seguimiento de un sistema permite conocer su evolución en el tiempo y predecir comportamientos a largo plazo. La técnica en corriente alterna mas utilizada se conoce como espectroscopía de impedancia electroquímica (EIE), que aporta información de la estructura de la intercara y aproximar los valores de sus componentes, asemejándolos a elementos eléctricos mediante la simulación con circuitos equivalentes.

2. METODOLOGÍA

La manera convencional de llevar a cabo barridos de EIE, es con el montaje de una celda de tres electrodos, siendo el de trabajo el material que se desea estudiar, un contraelectrodo que cierre el circuito (los más comunes son de platino o grafito) y un electrodo de referencia, siendo el de calomelanos saturado el de mayor uso para ensayos de laboratorio. De acuerdo al sistema bajo estudio, es elegido un intervalo de frecuencias, que generalmente van desde 100 kHz a 0.01 Hz. La norma ASTM G106 indica que se deben programar 10 puntos por década logarítmica de frecuencia. La amplitud de la señal aplicada es del orden de 10 a 25 mV con respecto al potencial natural (de reposo o corrosión) del sistema, lo cual está en la cercanía de la región lineal de una curva de polarización y de reversibilidad por lo que la estructura de la intercara no se afecta de manera significativa, por lo que es muy útil para hacer seguimientos en el tiempo.

3. RESULTADOS

Los espectros más comunes de presentación de resultados es a través de diagramas de plano complejo de raíz real contra raíz imaginaria (Nyquist), log de la frecuencia vs el módulo de impedancia (Bode-Módulo) y log frecuencia vs ángulo de fase (Bode-Fase). La Figura 1 presenta un diagrama de Nyquist. La Figura 2, la representación de un circuito equivalente en presencia de difusión.

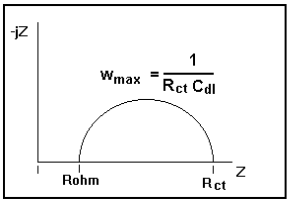


Figura 1. Diagrama de Nyquist.

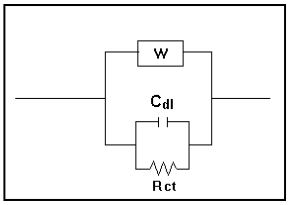


Figura 2. Circuito equivalente con difusión.

4. CONCLUSIONES

La aplicación de espectroscopía de impedancia electroquímica es de gran relevancia en el análisis de intercaras de sistemas electroquímicos por la información de las estructuras y los fenómenos que se llevan a cabo. Tiene la bondad de no alterar las condiciones de intercara, lo que permite hacer seguimientos a través del tiempo.

5. REFERENCIAS

[1] Ma. A. Orazem(s), B. Tribollet, *Electroqchemical Impedance Spectroscopy*, John Wiley and Sons Inc., New Jersey, USA (2008).

Inhibidores orgánicos y sustentables: Mecanismos de acción y evaluación de la eficiencia en la protección de metales

Presentación **Oral**

J. A. Paat Estrella[1], T. Pérez López[2]
[1]Facultad de Ciencias Químico Biológicas. Universidad Autónoma de Campeche.
[2]Universidad Autónoma de Campeche. Jubilado.
E-mail: josapaae@uacam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los inhibidores orgánicos de corrosión (IOC) representan una de las alternativas más eficientes y económicas para mitigar la degradación de los materiales metálicos en medios agresivos. El principio fundamental de estos compuestos radica en su capacidad para adsorberse sobre la interfaz metal/solución, desplazando las moléculas de agua y formando una película hidrofóbica protectora [1], bloqueando los sitios activos del metal, disminuyendo la velocidad de las reacciones anódicas (disolución del metal) y/o catódicas (desprendimiento de hidrógeno o reducción de oxígeno) [2].

La forma más utilizada para evaluar la eficiencia de los inhibidores son las pruebas electroquímicas como EIE, OCP y LPR lo que permite obtener información sobre la estructura de la interfase y estimar el valor de sus componentes, relacionándolos con elementos eléctricos a través de la simulación de circuitos equivalentes.

2. METODOLOGÍA

La forma más común en la que se evalúan es a través de probetas metálicas embebidas en resina, las cuales se colocan en una celda de 3 electrodos con concentraciones que van de 3 a 100 ppm en medio ácido a diferente pH. Dentro de las pruebas electroquímicas pruebas de Potencial de Circuito Abierto (OCP); Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS) y Resistencia a la Polarización Lineal (LPR) para obtener un diagnóstico cinético no destructivo; y curvas de polarización potenciodinámica (Tafel) para determinar tanto la velocidad de corrosión final como el mecanismo de inhibición interfacial (anódico, catódico o mixto).

3. RESULTADOS

Por lo general, los datos se representan mediante tres tipos de gráficos: el diagrama de Nyquist (que relaciona la parte real e imaginaria en el plano complejo) y las variantes del diagrama de Bode, que comparan el logaritmo de la frecuencia frente al módulo de impedancia (Bode-Módulo) o frente al ángulo de fase (Bode-Fase). A modo de ilustración, la Figura 1 muestra un gráfico de Nyquist, mientras que la Figura 2 exhibe un circuito equivalente con efectos de difusión.

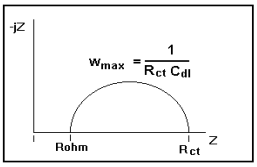


Figura 1. Diagrama de Nyquist.

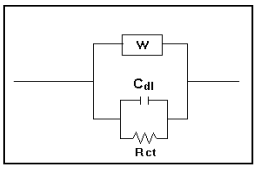


Figura 2. Circuito equivalente con difusión.

4. CONCLUSIONES

Al aprovechar extractos naturales y revalorizar residuos agroindustriales, estos compuestos se adhieren al metal formando una barrera molecular que protege el acero de refuerzo frente a amenazas como la carbonatación, ofreciendo una alternativa ecológica, económicamente viable y libre de toxicidad que podría reemplazar a los inhibidores inorgánicos tradicionales, impulsar la economía circular y garantizar la durabilidad de las construcciones en total armonía con el ecosistema.

5. REFERENCIAS

[1] Barbu, C. A., Fierascu, I., Semenescu, A., & Cotrut, C. M. Critical Review Regarding the Application of Plant Extracts as Eco-Friendly Corrosion Inhibitors—A Sustainable Interdisciplinary Approach. *Molecules*, *30*(18), 3722. (2025). https://doi.org/10.3390/molecules30183722

[2] Al-Amiery, A. A., Isahak, W. N. R. W., & Al-Azzawi, W. K. Corrosion Inhibitors: Natural and Synthetic Organic Inhibitors. *Lubricants*, *11*(4), 174. (2023). https://doi.org/10.3390/lubricants11040174

División 8

Educación Electroquímica (EE)

Trabajos Carteles

Estudio electroquímico del acero API 5LX65 en diferentes medios corrosivos

Presentación **Poster**

Portela-Hernández K.P.[1]., Rodríguez Acevedo A. [1], Cantó J.J., Galicia-Aguilar G.[1], Orozco-Cruz R.[1]

[1]Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, 94294, Veracruz, México.

E-mail: gogalicia@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

El transporte de hidrocarburos a través de tuberías exige métodos de prevención contra la corrosión. En la parte externa se emplean recubrimientos y sistemas de protección catódica. Por lo que la falla por corrosión externa se vuelve mínima particularmente cuando se compara con la corrosión interna donde sólo se emplea una metodología consistente del uso frecuente de compuestos inhibidores de corrosión. En el presente trabajo se presentan resultados de la evaluación del compuesto imidazolina modificado con aceite de coco para su uso como inhibidor de corrosión de un acero bajo carbono.

2. METODOLOGÍA

Se emplearon monitores electroquímicos de corrosión atmosférica (MECA) para realizar técnicas las técnicas de Ruido electroquímico (Re) y Curvas de polarización cíclicas. En una primera etapa se obtuvo la Vcorr del acero API X65 en función del electrolito (ácido, neutro y básico), posteriormente, en función del inhibidor y finalmente obtener la eficiencia. Los valores de Vcorr se obtuvieron mediante la técnica de Resistencia a la polarización lineal e información complementaria con impedancia electroquímica.

3. RESULTADOS

La tabla 1 resume los valores de la transferencia de carga para cada medio evaluado.

Tabla 1. Resistencia a la transferencia de carga.

Medio	HCl 1M	NaCl 3.5%	NaOH 1M
R_{ct} (Ω)	220	590	7000
Inhibidor R_{ct} (Ω)	375	754	10152

Se encontró que en medio ácido el valor de la R_{tc} tiene el menor valor comparado con los otros medios.

A medida que se aumenta el pH (NaCl) el valor de resistencia incrementa hasta su máximo en NaOH. Sin embargo, en el medio ácido la principal reacción es la evolución de hidrógeno mientras que en los otros medios es la misma, la reducción de oxígeno, RRO.
En el medio NaOH se puede explicar la máxima resistencia considerando que la etapa determinante de la velocidad es la difusión de oxígeno disuelto. En presencia del inhibidor no se observa cambio en la tendencia. La figura 1 presenta los diagramas de Nyquist en los que se evidencia la difusión del oxígeno.

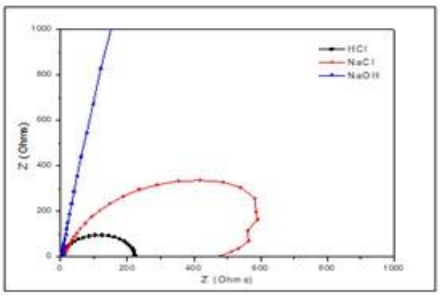


Fig. 1. Diagramas de Nyquist del acero X65 en función del electrolito.

4. CONCLUSIONES

Los diagramas de Nyquist demuestran que el medio NaOH presenta sus máximos valores de R_{tc} debido a la difusión del oxígeno mientras que la misma reacción de reducción acompañada de cloruros disminuye la resistencia. Cuando se disminuye el pH del medio (HCl) se encontró el mínimo valor de resistencia.

5. REFERENCIAS

[1] A. C. Lazanas; M. I. Prodromidis, *Electrochemical impedance spectroscopy: A tutorial.* p. página 162-193 ChemElectroChem, (2023).

Implementación de dispositivos didácticos para la enseñanza de tecnologías electroquímicas de producción y aprovechamiento de hidrógeno verde

Presentación **Poster**

H. Olvera-Vargas[1], L.S. Díaz Yescas[1], F. Hernández Ramírez[1]
[1]Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México (IER-UNAM), Temixco, Morelos.
E-mail: huolvier@ier.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la electroquímica enfrenta el desafío de acercar conceptos fundamentales a aplicaciones tecnológicas de creciente relevancia en el sector de las energías renovables. El empleo de dispositivos didácticos que reproduzcan estos procesos a escala de laboratorio constituye una herramienta valiosa para fortalecer el aprendizaje experimental y despertar el interés del estudiantado en tecnologías emergentes para la transición energética [1,2]. En este trabajo se presentan módulos didácticos basados en una celda de electrólisis y una celda de combustible PEM para movilidad eléctrica, empleados como apoyo en actividades docentes para ilustrar los principios de producción, aprovechamiento y conversión electroquímica de la energía mediante H_2 verde.

2. METODOLOGÍA

Se utilizaron módulos didácticos comerciales (Fuel Cell Store), consistentes en una celda de electrólisis PEM y una celda de combustible PEM para movilidad eléctrica. El estudiantado realizó prácticas demostrativas acompañadas con cálculos teóricos en las que produjeron hidrógeno verde mediante electrólisis y posteriormente lo emplearon para alimentar una celda de combustible montada en un vehículo a escala laboratorio.

3. RESULTADOS

La implementación de los módulos didácticos (**Fig. 1**) permitió demostrar de manera integrada la producción de hidrógeno verde mediante electrólisis PEM y su posterior aprovechamiento en una celda de combustible para impulsar un vehículo eléctrico, facilitando la comprensión del flujo de energía desde una fuente renovable hasta una aplicación de movilidad. Las actividades experimentales se complementaron con ejercicios de balance de materia y energía, ley de Faraday, eficiencia farádica, eficiencia de conversión fotovoltaica, eficiencia de la celda de combustible y eficiencia global del sistema, fortaleciendo la relación entre los fundamentos teóricos y la operación de dispositivos reales. El uso de estos equipos favoreció la visualización de conceptos clave de conversión y almacenamiento electroquímico de energía, promoviendo un aprendizaje más interactivo y contextualizado.

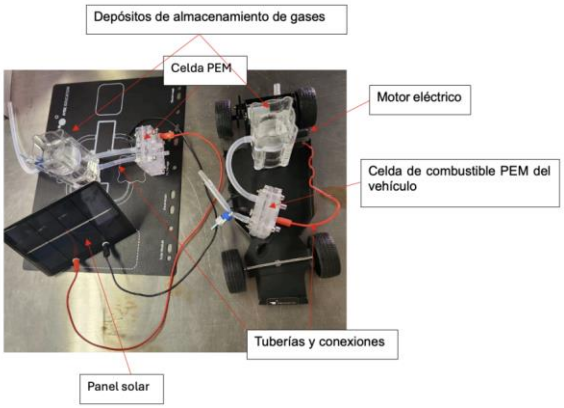


Figura 1. Dispositivos didácticos utilizados (electrolizador PEM alimentado con un panel solar y vehículo equipado con celda de combustible PEM).

4. CONCLUSIONES

Los dispositivos didácticos facilitaron la comprensión de los principios de conversión y almacenamiento electroquímico de energía mediante experiencias prácticas. Su implementación fortaleció el vínculo entre los fundamentos teóricos y las aplicaciones en energías renovables.

5. REFERENCIAS

[1] N. Pathak, M. Lieberman, K.A. Frederick, G.A. Clark, *J. Chem. Educ.*, **102**, 4878, (2025).
[1] P.A. Kempler, S.W. Boettcher, S. Ardo, *IScience*, **24**, 102481, (2021).

Patrocinadores:

Universidad Veracruzana

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL XALAPA

POSGRADOS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

XALAPA, VERACRUZ

MAESTRÍA EN VÍAS TERRESTRES

Programa de posgrado orientado a la formación de profesionales de alto nivel, capaces de generar, aplicar y difundir conocimiento para la planeación, diseño, construcción, conservación y operación de vías terrestres, contribuyendo al desarrollo sustentable de la infraestructura y la sociedad.

OBJETIVO

Formar profesionales e investigadores con capacidad para desarrollar soluciones innovadoras a los problemas relacionados con la infraestructura vial, mediante el uso de herramientas científicas y tecnológicas.

PERFIL DE INGRESO

Egresados de licenciatura en Ingeniería Civil o áreas afines, con interés en el desarrollo profesional y en la investigación relacionada con las vías terrestres.

PERFIL DE EGRESO

El egresado será competente para analizar, diseñar y evaluar proyectos de infraestructura vial, así como para generar y aplicar conocimiento científico y tecnológico en el ámbito de las vías terrestres.

SEDE

Facultad de Ingeniería Civil
Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n
Zona Universitaria
Xalapa, Veracruz, México

INFORMES

Coordinación de la Maestría en Vías Terrestres
Tel. (228) 842 17 00 Ext. 13013
mvt.xalapa@uv.mx
https://www.uv.mx/mvt

EXCELENCIA ACADÉMICA PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

Universidad Veracruzana

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL U.V. XALAPA

Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n
Zona Universitaria
Xalapa, Veracruz, México